



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 202 638.5**

(22) Anmeldetag: **13.02.2014**

(43) Offenlegungstag: **18.09.2014**

(51) Int Cl.: **A63B 69/12 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
20135252 **15.03.2013** **FI**

(71) Anmelder:
Suunto Oy, Vantaa, FI

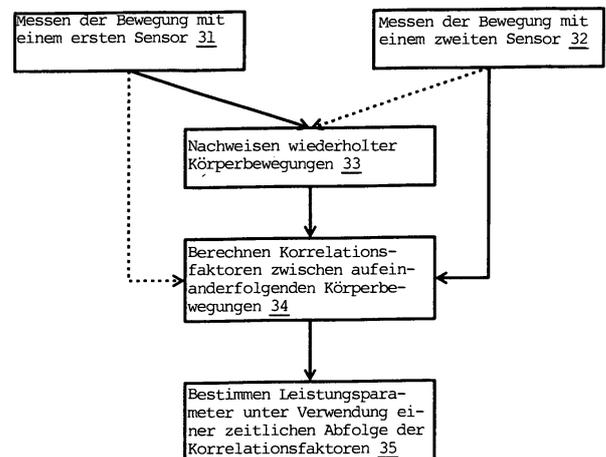
(74) Vertreter:
**KSNH Patentanwälte Klunker/Schmitt-Nilson/
Hirsch, 80796 München, DE**

(72) Erfinder:
**Nieminen, Heikki, Vantaa, FI; Kemetter, Markus,
Vantaa, FI; Kallio, Janne, Vantaa, FI; Virtanen,
Antti, Vantaa, FI**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **GERÄT UND VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN DER LEISTUNG BEIM SCHWIMMEN**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Gerät und ein Verfahren zum Überwachen der Ausführung des Schwimmens. Das Gerät umfasst einen oder mehrere bewegungsempfindliche Sensoren zum Liefern von Bewegungsdaten, die charakteristisch sind für die Bewegung des Schwimmers beim Ausführen der Schwimmübung, und eine Berechnungseinheit, ausgebildet zum Nachweisen von Körperbewegungen aus den Bewegungsdaten unter Nutzung vorab definierter Kriterien. Erfindungsgemäß enthält die Berechnungseinheit eine Einrichtung zum Berechnen mehrerer Korrelationsfaktoren, die Bewegungskorrelationsdaten zwischen aufeinanderfolgenden nachgewiesenen Körperbewegungen widerspiegeln, eine Einrichtung zum Speichern der Korrelationsfaktoren als zeitliche Folge, und eine Einrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter, die charakteristisch sind für die Schwimm-Ausführung, basierend auf den gespeicherten Korrelationsfaktoren. Die Erfindung lässt sich beispielsweise einsetzen für ein robustes Bestimmen von Wendungen des Schwimmers, einer geschwommenen Strecke oder des Schwimmstils.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft das Überwachen des Schwimmens. Insbesondere betrifft die Erfindung das Berechnen einer geschwommenen Strecke und weiterer Parameter, die charakteristisch sind für eine Schwimm-Ausführung basierend auf Bewegungssensordaten.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Tragbare Sportüberwachungseinrichtungen werden von zahlreichen Amateur- und Profisportlern und -sportlerinnen dazu eingesetzt, Daten über sportliche Abläufe zu sammeln und zu analysieren, damit diese das Training unterstützen. Beispielsweise ist es aufgrund von Satellitenortungsempfängern üblich geworden, automatisch eine zurückgelegte Strecke bei Outdoor-Sportarten zu verfolgen. Das Schwimmen stellt in dieser Hinsicht eine besondere Herausforderung dar, weil es üblicherweise in geschlossenen Räumen stattfindet, in denen eine Satellitenortung nicht funktioniert. Allerdings lässt sich eine Schwimmstrecke mit Hilfe beispielsweise eines Beschleunigungssensors, vorab definierter Information über die Beckenlänge und die Kenntnis der vom Schwimmer ausgeführten Wenden an den Enden des Beckens bestimmen.

[0003] Eine weitere Herausforderung bei der Überwachung des Schwimmvorgangs ist die Charakterisierung des Schwimmstils, das heißt, ob der vom Schwimmer ausgeführte Stil Kraulen, Brustschwimmen, Butterfly, Rückenkraul oder ein anderer möglicher Schwimmstil ist. Es ist dies eine schwierige Aufgabe deshalb, weil nicht nur die Schwimmstile sehr ähnlich sind, was die Züge des Schwimmers angeht, wenn man diese aus der Sicht von „blinden“ Beschleunigungsmessern betrachtet, sondern es gibt auch von Schwimmer zu Schwimmer eine starke persönliche Zugschwankung. Es gibt keine robusten und rechnerisch leichten Verfahren, die verfügbar wären zum zuverlässigen Bestimmen des Schwimmstils basierend auf dem Messen der Eigenschaften von Schwimmstößen.

[0004] Die US 2004/0020856 zeigt einen Schwimm-Monitor mit einer Schwimmstoß-Erfassungsschaltung auf Beschleunigungsbasis und einer magnetischen feldbasierenden Schwimmbahnen-Erfassungsschaltung. Die Schwimmbahnen-Erfassungsschaltung ist dazu ausgebildet, 180-Grad-Änderungen in Magnetlagern nachzuweisen, um hierdurch die Endpunkte des Beckens zu ermitteln. Das Gerät gestattet nicht die Klassifizierung des Schwimmstils.

[0005] Die US 6,955,542 zeigt ein System zum Überwachen wiederholter Bewegung, beispielsweise von

Schwimmzügen unter Verwendung eines zweidimensionalen Beschleunigungssensors, vorzugsweise auf dem Rücken des Schwimmers angebracht. Das System kann außerdem Schwimmzüge identifizieren, außerdem Bewegungsmuster sowie Start- oder Stoppzeiten von Bewegungen, und es kann den Benutzer ein Feedback in Echtzeit liefern.

[0006] Die US 7,980,998 zeigt ein Trainingsunterstützungsgerät, welches eine Sensoreinheit enthält, ausgebildet zum wiederholten Messen einer Bewegung eines Körperteils des Schwimmers mit Hilfe eines Beschleunigungsmessers, eines Kompasses und optimal eines Gyroskops. Das Gerät ist konfiguriert zum Bestimmen der exakten Position und Orientierung des Körperteils, um eine Verbesserung von Bewegungen zu unterstützen. Das Gerät kann außerdem die Periodizität von Bewegungen und statistisch Information über die Leistung ermitteln.

[0007] Die US 2010/0210975 zeigt ein Schwimmleistungs-Überwachungssystem unter Verwendung eines dreidimensionalen Beschleunigungsmessers. Das System enthält einen Schwimmzug-Erkennen, der in der Lage ist, Beschleunigungsmesser-Daten zum Nachweisen von Schwimmzügen zu analysieren und Wenden sowie den Schwimmstil herauszufinden. Der Schwimmzug-Erkennen wendet Regeln direkt auf gefilterte Beschleunigungsmesser-Daten an. Allerdings hängt der Erfolg dieser Vorgehensweise, insbesondere bei der Klassifizierung des Schwimmstils, in starkem Maße davon ab, wie gut der persönliche Schwimmzug des Schwimmers mit den vorab festgelegten Regeln übereinstimmt.

[0008] Die Systeme nach dem Stand der Technik sind entweder nicht in der Lage, Schwimmstile und/oder Wenden des Schwimmers beim Schwimmen nachzuweisen, oder ihre Fähigkeit beim Nachweisen dieser oder anderer schwimm-bezogener Parameter hängt in starkem Maß von den persönlichen Eigenschaften des Schwimmers ab.

[0009] Es besteht also Bedarf an verbesserten Geräten und Verfahren zum Unterstützen einer automatischen Bestimmung von Schwimmparametern.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Gerät und ein verbessertes Verfahren zum Bestimmen von Parametern beim Ausführen des Schwimmens zu schaffen. Ein spezielles Ziel ist die Schaffung eines Geräts und eines Verfahrens zum Ermitteln der gesamten Schwimmstrecke in einem Schwimmbecken, oder zum zuverlässigeren Messen und Nachweisen des Schwimmstils.

[0011] Ein weiteres Ziel besteht in der Schaffung eines neuen Sensor-Fusionsverfahrens für die Cha-

rakterisierung des Schwimmens, insbesondere in der Schaffung neuer Verwendungen für Magnetometer und Beschleunigungsmesser in einem Schwimmüberwachungsgerät.

[0012] Die Erfindung basiert auf der Idee, die Bewegung des Schwimmers mit Hilfe von bewegungsempfindlichen Sensoren zu messen und aus den gemessenen Bewegungsdaten Korrelationsinformation zu extrahieren, welche die Ähnlichkeit aufeinanderfolgender Körperbewegungen widerspiegelt. Die Korrelationsdaten können anschließend dazu benutzt werden, verschiedene Parameter bezüglich der Schwimm-Ausführung zu berechnen, beispielsweise Wenden des Schwimmers an den Enden eines Schwimmbeckens, die geschwommene Distanz und sogar den Schwimmstil.

[0013] Zeitliche Schwankungen und räumliche statistische Korrelations-Verteilung sind besonders robuste Indikatoren für mehrere sich auf das Schwimmen beziehende Parameter. Unabhängig von den persönlichen Eigenschaften oder Gewohnheiten des Schwimmers ist eine hohe Korrelation zwischen aufeinanderfolgenden Körperbewegungen ein robustes Kennzeichen für normales Schwimmen, das heißt vorwärts gerichtete Schwimmbewegungen, wohingegen eine geringe Korrelation kennzeichnend ist für Wenden an den Enden des Beckens oder für Pausen, das sind Ruhepausen beim Schwimmen. Andererseits können dreidimensionale Messungen der Körperbewegungen unter Verwendung eines Beschleunigungsmessers in Kombination mit einer Korrelationsberechnung in jeder der drei Dimensionen dazu benutzt werden, eine zuverlässige Charakterisierung des Schwimmstils zu erreichen.

[0014] Speziell ist die Erfindung durch die unabhängigen Ansprüche gekennzeichnet.

[0015] Die Erfindung liefert beträchtliche Vorteile: die Bewegungs-Korrelationsanalyse trägt dazu bei, ein Verfahren zu schaffen, welches relativ unabhängig von dem individuellen Schwimmstil des Schwimmers ist. Sowohl die Wenden des Schwimmers als auch der Schwimmstil beim Trainieren lassen sich mit guter Genauigkeit ermitteln ohne Vorab-Kenntnis der persönlichen Art des Schwimmens des Schwimmers, wie weiter unten in dieser Beschreibung dargestellt werden wird. Die Trennung der wiederholten Bewegungserfassung und die Bewegungs-Korrelationsanalyse stellen eines der Schlüsselmerkmale der Erfindung dar und ermöglichen die Nutzung von Daten, die durch zwei oder mehr verschiedene Sensortypen geliefert werden, auf sehr robuste Weise. Andererseits ist es auch ein erfindungsgemäßer Vorteil, dass sich gute Ergebnisse auch bloß von einem einzigen Sensor-Typ gewinnen lassen.

[0016] Korrelation-basiertes Bestimmen ist außerdem immun gegenüber langsamen Drifterscheinungen bei der Schwimm-Geschwindigkeit, beispielsweise deshalb, weil die Korrelation zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bewegungen ermittelt wird. Die Erfindung lässt sich nutzen zum Kennzeichnen von Schwimm-Ausführungen unterschiedlicher Arten, einschließlich beispielsweise ununterbrochene Trainingseinheiten sowie Intervalltrainingseinheiten. Das Intervalltraining braucht nicht a priori geplant oder in das Gerät eingegeben zu werden, sondern kann vollständig dynamisch ablaufen, weil der korrelations-basierte Überwachungsalgorithmus in der Lage ist, in robuster Weise sowohl Wenden als auch Ruhepausen während der Übung „on the fly“ zu ermitteln. Damit lassen sich Ruhepausen registrieren, und man kann die Gesamt- oder Zwischenrunden-Ruhezeit berechnen und dem Benutzer zwecks Unterstützung des Trainings visuell darbieten.

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0018] Nach einer Ausführungsform wird ein an einem Körperteil anbringbares Gerät geschaffen, das zum Beispiel an einem Handgelenk eines Schwimmers anbringbar ist, um eine Schwimm-Ausführung zu überwachen. Das Gerät enthält einen oder mehrere bewegungsempfindliche Sensoren zum Bereitstellen von Bewegungsdaten, die charakteristisch sind für die Bewegung des Schwimmers während der Schwimmübung. Der oder die bewegungsempfindlichen Sensoren ist/sind funktionell mit einer Berechnungseinheit verbunden, die dazu ausgebildet ist, Körperbewegungen, beispielsweise Handschläge, aus den Bewegungsdaten mit Hilfe vcrab definierter Kriterien, beispielsweise hohen oder niedrigen Spitzenwerten, das sind Ableitungs-Nullpunkte der Daten, nachzuweisen. Erfindungsgemäß sind außerdem in der Berechnungseinheit Mittel vorgesehen zum Berechnen und zumindest vorübergehenden Speichern einer zeitlichen Folge von Korrelationsfaktoren, die eine Korrelation von Bewegungsdaten zwischen aufeinanderfolgenden, nachgewiesenen Körperbewegungen widerspiegeln, ferner ist eine Einrichtung vorgesehen, um ein oder mehrere für die Schwimm-Ausführung charakteristische Parameter basierend auf den gespeicherten Korrelationsfaktoren zu bestimmen.

[0019] Das Verfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Messen der Bewegung eines Schwimmers unter Verwendung eines oder mehrerer bewegungsempfindlicher Sensoren, der/die an einem Körperteil des Schwimmers angebracht ist/sind, um Bewegungsdaten zu liefern, und das Analysieren der Bewegungsdaten zum Nachweisen von Körperbewegungen des Schwimmers. Das Verfahren macht weiter mit dem Bestimmen einer Bewegungskorrelation zwischen aufeinanderfolgenden

Körperbewegungen, wie sie kontinuierlich während der Schwimmübung nachgewiesen werden, und dem Bestimmen mindestens eines Schwimmübungs-Parameters basierend auf der Bewegungskorrelation.

[0020] Gemäß einem Aspekt der Erfindung umfasst das Gerät einen ersten bewegungsempfindlichen Sensor und einen zweiten bewegungsempfindlichen Sensor von einem anderen Typ als der erste bewegungsempfindliche Sensor, wobei die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, die von dem ersten Sensor gelieferten Bewegungsdaten zum Nachweisen der Körperbewegungen zu verwenden, und die von dem zweiten Sensor gelieferten Bewegungsdaten zum Berechnen der Korrelationsfaktoren zu verwenden.

[0021] Der eine oder die mehreren bewegungsempfindlichen Sensoren umfassen vorzugsweise einen Beschleunigungsmesser und/oder ein Magnetometer, von denen beide Ausgangsgrößen liefern, die von der Bewegung der Sensoren an dem Schwimmer während der Übung abhängen aufgrund der Beschleunigung des Sensors oder der Orientierung des Sensors in einem externen Magnetfeld.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die Körperbewegungen unter Verwendung von durch einen Magnetometer gelieferten Daten nachgewiesen. Ein Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass der Nachweis beispielsweise individueller Handschläge erwiesenermaßen zuverlässiger ist als bei Verwendung von Beschleunigungsdaten unter Einsatz derzeit verfügbarer dreidimensionaler Sensoren. Allerdings ist nicht ausgeschlossen, dass Beschleunigungsdaten anstelle von oder zusätzlich zu magnetometrischen Daten zum Nachweis von Körperbewegung eingesetzt werden können.

[0023] Nach einer bevorzugten Ausführungsform werden die Korrelationsfaktoren zumindest unter Verwendung von durch einen Beschleunigungsmesser gelieferten Bewegungsdaten berechnet. Ein Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass das Koordinatensystem eines Beschleunigungsmessers in Relation zu dem Schwimmer festgelegt ist, wohingegen magnetometrische Daten von der Schwimmrichtung in Bezug auf das Erdmagnetfeld abhängen. Obschon die Wenden eines Schwimmers auch dann nachweisbar sind, wenn das Koordinatensystem nicht feststeht, ist die Charakterisierung des Schwimm-Stils in einem fixen Koordinatensystem direkter.

[0024] Zumindest für die Charakterisierung des Schwimmstils werden vorzugsweise ein dreidimensionaler Sensor und eine dreidimensionale Korrelationsanalyse verwendet. Eine dreidimensionale Messung und Analyse verbessert außerdem die Unemp-

findlichkeit des Körperbewegungs-Nachweises und des Nachweises von Wenden.

[0025] Das Gerät enthält vorzugsweise Mittel, die es dem Benutzer gestatten, zumindest die Länge des Schwimmbeckens anzugeben, damit die Berechnungseinheit im Stande ist, die gesamte Schwimmdistanz zu berechnen.

[0026] Alternativ oder zusätzlich kann insbesondere für Outdoor-Verwendung in das Gerät ein Satelliten-Ortungssensor eingebaut oder mit dem Gerät verbunden sein.

[0027] Wie oben kurz angesprochen wurde, betrifft eine wichtige Ausführungsform der Erfindung den Nachweis von Wenden des Schwimmers in einem Schwimmbecken. Erreicht werden kann dies basierend auf zeitlichen Schwankungen in den Korrelationsfaktoren im Rahmen der zeitlichen Abfolge. In einer spezifischen Ausführungsform sind hohe und niedrige Korrelation durch mathematische Analyse unterscheidbar, und die Zonen geringer Korrelation werden markiert, damit sie Wenden repräsentieren, wenn die nach einer vorausgehenden Wende verstrichene Zeit einen vorab definierten Wert (beispielsweise einen Weltrekord über eine spezielle Beckenlänge) übersteigt.

[0028] Genauer gesagt, können die Mittel zum Bestimmen der zeitlichen Wendepunkte des Schwimmers dazu dienen, die zeitliche Abfolge von Korrelationsfaktoren zu dem Zweck zu analysieren, deren lokale Minima aufzufinden, so dass die Zeitpunkte der lokalen Minima als zeitliche Punkte für die Wenden des Schwimmers gespeichert werden, vorausgesetzt, dass vorab definierte Kriterien bezüglich der Minima erfüllt sind. Falls andererseits nur ein Wendenzähler anstelle eines Bahnen-Zeitregisters implementiert wird, ist es nicht notwendig, die Zeitpunkte zu speichern, sondern es wird lediglich ein Wendenzähler erhöht.

[0029] Ausgehend von einer ähnlichen Logik können die Mittel zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter zusätzlich dazu ausgebildet sein, die zeitlichen Punkte des Starts und/oder des Endes der Schwimmübung basierend auf Zonen zeitlicher Schwankungen in den Korrelationsfaktoren im Rahmen der zeitlichen Abfolge zu bestimmen. Beispielsweise lässt sich ein Start/Ende des Schwimmvorgangs als 0–5 Sekunden vor/nach regelmäßigen Körperbewegungen stattgefunden abschätzen, das heißt in Bezug auf das Starten/Enden starker Körperbewegungskorrelation (aufgrund des Beginns/Endes des „Gleitens“ des Schwimmers).

[0030] Wie außerdem oben kurz erwähnt wurde, kann das Gerät dazu ausgebildet sein, den Schwimmstil der Schwimmübung unter Ausnutzung

mehrdimensionaler Bewegungsmessungen zu ermitteln. Der Stil lässt sich dadurch bestimmen, dass als erstes Zonen hoher Gesamt-Korrelation in der zeitlichen Folge von Korrelationsfaktoren bestimmt werden. Diese Zonen repräsentieren die normalen Schwimmperioden zwischen den Becken-Enden. Anschließend werden dimensionsspezifische Korrelationsfaktoren während der Zonen ermittelt. Die Werte der dimensionsspezifischen Korrelationsfaktoren werden dazu benutzt, den Schwimm-Stil zu einer von mehreren vorab definierten Schwimmstil-Klassen zu klassifizieren.

[0031] Vorzugsweise werden die dimensionsspezifischen Korrelationsfaktoren statistisch beispielsweise als Durchschnitts-Korrelationsfaktoren über den Zonen hoher Gesamtkorrelation gebildet.

[0032] Gemäß einer Ausführungsform enthält das Gerät einen Schwimmstil-Lehrmodus, bei dem Korrelationsdaten während des Schwimmens gemessen und gespeichert werden und dem Benutzer gestattet wird, diesen Daten einen speziellen Schwimmstil zuzuordnen. Dies ermöglicht es dem Gerät, Korrelationsdaten während des realen Trainings zu vergleichen mit abgespeicherten Korrelationsdaten, um zwischen Schwimmstilen des Schwimmers besser zu unterscheiden als unter Verwendung vorab definierter Zonen in dem Bewegungsraum.

[0033] Gemäß einem Aspekt der Erfindung, der möglicherweise in einer Teilungsanmeldung verfolgt werden könnte, wird ein an einem Körperteil eines Schwimmers anbringbares Gerät zum Überwachen einer Schwimm-Ausführung geschaffen, wobei das Gerät einen bewegungsempfindlichen Sensor zum Bereitstellen von Bewegungsdaten aufweist, die charakteristisch sind für die Bewegung des Schwimmers während des Schwimmvorgangs, ferner eine Berechnungseinheit aufweist, ausgebildet zum Nachweisen von Zügen des Schwimmers aus den Bewegungsdaten, wobei der bewegungsempfindliche Sensor ein Magnetometer, vorzugsweise ein dreidimensionales Magnetometer besitzt. Vorzugsweise wurden bisher lediglich Beschleunigungssensoren zum Nachweis von Schwimmstößen oder Schwimmzügen eingesetzt, jedoch haben die Erfinder herausgefunden, dass magnetometrische Daten überraschenderweise für diesen Zweck zuverlässiger sind.

[0034] Im folgenden werden unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen Ausführungsformen und Vorteile der Erfindung näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0035] Fig. 1 veranschaulicht einen mit einem Wristop-Trainingsgerät ausgerüsteten Schwimmer.

[0036] Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm eines Geräts gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0037] Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einer allgemeinen Ebene.

[0038] Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm einer detaillierteren Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0039] Fig. 5 und Fig. 6 zeigen Beispiel-Graphen für gemessene und gefilterte Magnetometerdaten in drei Dimensionen abhängig von der Zeit und der Darstellung des Nachweises von Schwimmzügen. Kreuze markieren akzeptierte Schwimmzüge.

[0040] Fig. 7a zeigt einen schematischen Graphen, der die Berechnung eines Korrelationsfaktors aus Beschleunigungsmesser- oder Magnetometer-Daten veranschaulicht.

[0041] Fig. 7b zeigt ein Praxisbeispiel von gefilterten dreiachsigen Beschleunigungsdaten, die zwei Schwimmzüge abdecken, wobei die Korrelationsfaktor-Berechnung dargestellt ist.

[0042] Fig. 8a zeigt einen Graphen für einen berechneten Gesamt-Korrelationsfaktor in Abhängigkeit der Zeit, um einen Nachweis einer Wende zu veranschaulichen.

[0043] Fig. 8b zeigt einen detaillierteren Graphen eines Gesamt-Korrelationsfaktors über einem Paar von Becken-Längen.

[0044] Fig. 8c zeigt gefilterte, dreiachsige Beschleunigungsdaten, die zum Berechnen der Gesamt-Korrelationsdaten gemäß Fig. 8d dienen.

[0045] Fig. 8d zeigt den Gesamt-Korrelationsfaktor, der aus den Daten nach Fig. 8c berechnet wurde.

[0046] Fig. 9a und Fig. 9b zeigen dimensionsspezifische Korrelationsfaktoren in X-Y- bzw. Y-Z-Graphen, berechnet über jeweils eine Beckenlänge und nachgewiesen zum Veranschaulichen der Bestimmung eines Schwimmstils.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen

[0047] Der Begriff „Körperbewegung“ bezieht sich auf Bewegungen des Körpers, die unter Verwendung eines bewegungsempfindlichen Sensors während des Vorgangs unterscheidbar sind. Ein zum Nachweisen von Körperbewegungen unter Verwendung von Bewegungsdaten dienendes Gerät ist in der Lage, einen spezifischen Typ Körperbewegung aus zumindest einigen weiteren Typen von Körperbewegungen mittels mathematischer Analyse der Be-

wegungsdaten zu unterscheiden. Um ein mehr oder weniger künstliches Beispiel zu erwähnen, kann die nachgewiesene Körperbewegung beispielsweise die „Längsbeschleunigung der Hand“ mathematisch einem „Beschleunigungswert in Z-Richtung größer als ein vordefinierter Wert a_z “ entsprechen.

[0048] Was das vorliegende Verfahren anbetrifft, so sind eine zweckmäßige Körperbewegung und der dazugehörige Nachweisalgorithmus derart beschaffen, dass während Schwimmphasen eine starke Korrelation zumindest einiger Bewegungsdaten zwischen den zyklischen Körperbewegungen vorhanden ist, wohingegen bei Wende-Phasen die gleiche Körperbewegung mehr zufällig stattfindet oder sich zumindest nicht in der gleichen Weise wie während der Schwimmphasen wiederholt. Erwähnenswert ist, dass es nicht notwendig ist, exakt zu wissen, welche Bewegungsart oder welcher Teil des Schwimmstoßes nachgewiesen wird, solange diese Kriterien erfüllt sind.

[0049] Der Begriff „Korrelationsfaktor“ bezieht sich auf jeden Wert, der aus den Bewegungsdaten ermittelt wird und proportional ist zu der Ähnlichkeit von Körperbewegungen, zwischen den die Korrelation bestimmt wird.

[0050] Der Begriff „Korrelationsvektor“ bedeutet eine Menge von Korrelationsfaktoren, die in unterschiedlichen Dimensionen der Bewegungsdaten bestimmt werden.

[0051] Der „Gesamt-Korrelationsfaktor“ ist ein Korrelationsfaktor, der berechnet wird durch Aufsummieren dimensionsspezifischer Korrelationsfaktoren.

[0052] Eine „zeitliche Folge“ von (Gesamt)Korrelationsfaktoren ist eine Datenmenge, welche die absoluten oder relativen Werte der (Gesamt)Korrelationsfaktoren sowie deren relative Reihenfolge beinhaltet, vorzugsweise auch deren absolutes oder relatives zeitliches Auftreten (typischerweise entsprechend einem nachgewiesenen Schwimmstoß oder einer anderen Bewegung).

[0053] „Schwimmphase“ bezieht sich auf eine Zeitspanne, während der der Schwimmer eine Folge ähnlicher wiederholter Bewegungen mit dem Ziel ausführt, sich selbst vorwärts zu bewegen.

[0054] „Wendephase“ bezieht sich auf eine kurze Zeitspanne zwischen aufeinanderfolgenden Schwimmphasen, in der die Schwimmerin (der Schwimmer) in einem Schwimmbecken ihre/seine Schwimmrichtung umkehrt.

[0055] „Ruhephase“ bezieht sich auf eine Zeitspanne ohne Schwimmen während eines Vorgangs. Ruhephasen sind üblich beim Intervalltraining. Die „Ru-

hezeit“ ist die für eine oder mehrere Ruhephasen aufgewendete Zeit.

[0056] „Dynamisches Überwachen“ bezieht sich auf eine Überwachung, die in der Lage ist, zwischen Schwimmphasen, Wendephasen und Ruhephasen unter Verwendung lediglich der Messdaten von den Sensoren und eines passenden Algorithmus zu unterscheiden. Eine dynamische Überwachung ist mit Hilfe eines erfindungsgemäßen, korrelations-basierenden Algorithmus' möglich.

[0057] Zunächst auf Fig. 1 bezugnehmend, konzentriert sich die folgende Beschreibung auf eine Implementierung der Erfindung, wobei das Gerät ein an dem Handgelenk einer Hand eines Schwimmers **10** befestigbares Trainingsgerät **11** aufweist. Das Handgelenk ist deshalb günstig, weil es sich über eine lange Wegstrecke bewegt und während des Schwimmens einer starken Beschleunigung ausgesetzt ist. Allerdings ist nicht ausgeschlossen, dass das Gerät **11** auch an einem anderen Körperteil angebracht ist, beispielsweise einem Fuß, dem Rücken oder dem Kopf des Schwimmers **10**.

[0058] Fig. 2 zeigt Komponenten des Geräts **11** gemäß einer Ausführungsform. Es enthält eine Haupteinheit **20** und ein Band **21** zum Befestigen des Geräts am Handgelenk. Die Haupteinheit **20** enthält ein Magnetometer **22A** und einen Beschleunigungsmesser **22B**, verbunden mit einer Recheneinheit **24**, die in der Lage ist, die von dem Magnetometer **22A** und dem Beschleunigungsmesser **22B** gelieferten Daten zu verarbeiten. Darüber hinaus ist eine Speichereinheit **26** für eine zumindest zeitweilige Speicherung von Roh- oder verarbeiteten Messdaten vorhanden. Ferner gibt es eine Benutzerschnittstelleneinrichtung **28** mit einem Display zum Sichtbarmachen des oder der Parameter, die mit Hilfe der Erfindung ermittelt wurden, und/oder eine Benutzer-Eingabeeinrichtung zum Steuern verschiedener Gerätefunktionen. Zusätzliche (nicht gezeigte) Komponenten können in dem Gerät vorhanden sein, beispielsweise eine Draht- oder drahtlose Kommunikationseinheit und eine Satellitenortungseinheit.

[0059] Fig. 3 veranschaulicht die grundlegenden Schritte des vorliegenden Verfahrens gemäß einer Ausführungsform. Als erstes wird die Bewegung des Schwimmers mit einem ersten Sensor, zum Beispiel des Magnetometers **22A** im Schritt **31** gemessen. Die Daten können eine erste magnetische Feldstärke in drei Dimensionen als Funktion der Zeit aufweisen. Anschließend werden die Rohdaten typischerweise in der Recheneinheit **24** gefiltert, um gefilterte Daten (nicht dargestellt) vor einer weiteren Verarbeitung zu erhalten. Als nächstes werden die gefilterten Daten analysiert, um wiederholte Bewegungen, das heißt Schwimmzüge oder -stöße, im Schritt **33** aufzufinden. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen,

dass eine Ableitung der Daten berechnet wird und die Nullstellen ermittelt werden, um ein lokales Maximum und ein lokales Minimum der magnetischen Feldstärken zu finden.

[0060] Es sei angemerkt, dass es für die vorliegende Erfindung nicht relevant ist, welchen Punkten der physischen Bewegung diese Maxima und/oder entsprechen, da es lediglich wichtig ist, die wiederholten Körperbewegungen zu ermitteln. Die Zeitpunkte der Maxima und/oder Minima werden – möglicherweise nach einer weiteren Auswertung ihrer Relevanz – als Schwimmzug-Punkte abgespeichert oder markiert (unabhängig davon, welche Punkte der Schwimmzüge sie repräsentieren und ob es sich um echte Schwimmzüge oder „falsche Schwimmzüge“, beispielsweise Wenden des Schwimmers, handelt).

[0061] Im nächsten Schritt **34** werden die Schwimmzug-Punkte dazu herangezogen, eine Korrelation zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungen aufzufinden. Es sei angemerkt, dass die Korrelation in Schritt **34** nicht basierend auf denselben Sensordaten berechnet werden muss wie bei dem Erfassen der Körperbewegung im Schritt **33**, sondern dass andere Daten verwendet werden, wie sie von einem zweiten Sensor im Schritt **32** gleichzeitig mit dem Schritt **31** gemessen werden. Nur die Schwimmzug-Punkte basieren auf den ersten Sensordaten im Schritt **33**. Der zweite Sensor kann beispielsweise ein Beschleunigungssensor sein. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass, wenn die Sensoren so beschaffen sind, dass der eine Daten zum Unterscheiden zwischen wiederholten Bewegungen liefert, diese zuverlässig sind, während die anderen Daten sich besser für eine Korrelationsberechnung eignen. Wie allerdings in **Fig. 3** durch einen gestrichelten Pfeil angedeutet ist, kann die Korrelationsberechnung auch auf denselben Daten beruhen.

[0062] Die Korrelation lässt sich auf verschiedene Weise berechnen. Gemäß einer Ausführungsform wird ein Korrelationsfaktor für jede nachgewiesene Körperbewegung in der Weise berechnet, dass Datenwerte an vorab definierten Punkten der Körperbewegungen mit Datenwerten an entsprechenden Punkten einer zuvor nachgewiesenen Körperbewegung multipliziert werden. Die Multiplikationsergebnisse können dann aufsummiert werden, um einen Korrelationsfaktor zu gewinnen, der die Korrelation zwischen zwei Körperbewegungen widerspiegelt. Die Korrelationsfaktoren werden dann als eine zeitliche Abfolge zur Verwendung in dem nächsten Schritt oder den nächsten Schritten gespeichert. Die zeitliche Abfolge kann die Korrelationsfaktoren als eine Funktion einer Schwimmzug-Zählung oder als eine Funktion der Zeit enthalten. Im Schritt **35** wird die zeitliche Folge der Korrelationsfaktoren analysiert, um einen oder mehrere Parameter zu bestimmen, die den Ablauf des Schwimmvorgangs wiedergeben,

insbesondere die zeitlichen Punkte oder die Anzahl von Wenden des Schwimmers an den Enden des Schwimmbeckens oder die Anzahl oder die Dauer der Schwimmphasen (Bahnen) und/oder der Wendephasen, oder die geschwommene Gesamtstrecke.

[0063] Bei einer Ausführungsform umfasst der Schwimmausführungs-Parameter die zeitlichen Punkte oder die Anzahl der Wenden des Schwimmers an den Enden des Schwimmbeckens, bestimmt auf der Grundlage zeitlicher Schwankungen in der Korrelation der Bewegung. Dies ist deshalb nötig, weil während der Schwimmphasen die Korrelationsfaktoren groß sind (echte ähnliche Schwimmzüge wiederholen sich einer nach dem anderen periodisch), und während der Wendephasen klein sind (keine ähnlichen Schwimmzüge, sondern lediglich „falsche Schwimmzüge“, die ohne Periodizität aufgrund der sich auf die Wende beziehenden Körperbewegungen nachgewiesen werden).

[0064] Bei einer Ausführungsform enthält das Verfahren das Bestimmen lokaler Minima der Korrelations-Zeitfolge, und das Speichern der zeitlichen Punkte der lokalen Minima als zeitliche Punkte der Wenden des Schwimmers, vorausgesetzt, dass vorab definierte Kriterien erfüllt sind. Diese vorab definierten Kriterien können beispielsweise die Prüfung beinhalten, dass die nach der letzten Wende verstrichene Zeit nicht kleiner ist als der Weltrekord bei entsprechender Bahnlänge und/oder dass die Bahn-Zeiten innerhalb vorbestimmter Grenzen im Vergleich zueinander bleiben.

[0065] Alternativ wird ein Schwellenwert in der Weise festgelegt, dass Korrelationswerte oberhalb des Schwellenwerts als von Schwimmphasen stammend interpretiert werden, während jene unterhalb des Schwellenwerts als aus Wendephasen stammend interpretiert werden. Es können zusätzliche Kriterien auch bei dieser Ausführungsform eingesetzt werden.

[0066] Bei einer Ausführungsform enthält der Schwimmausführungs-Parameter den Schwimmstil des Schwimmvorgangs. Der Stil lässt sich dadurch ermitteln, dass man die Bewegung des Körperteils des Schwimmers in drei Dimensionen misst, um dreidimensionale Bewegungsdaten zu erhalten, die oben angesprochenen Korrelationsfaktoren separat in den drei Dimensionen während des Schwimmvorgangs bestimmt, welche dreidimensionale Korrelationsvektoren definieren, und den Schwimmstil basierend auf Richtung und Betrag der Korrelationsvektoren der Bewegung in den drei Dimensionen bestimmt (das ist eine räumliche Lage der dimensions-spezifischen Korrelationsfaktoren). Zur Schwimmstil-Ermittlung werden lediglich die Daten während der Schwimmphasen (ohne Wendephasen) benötigt. Um eine höhere statistische Sicherheit zu erreichen, können individuelle Korrelationsfaktoren über eine oder

mehrere Schwimmphasen aufsummiert oder gemittelt werden. Durch die Erfindung wurde herausgefunden, dass unterschiedliche Schwimmstile zu deutlich verschiedenen Korrelationsvektoren führen, was es ermöglicht, den Schwimmstil zuverlässig zu klassifizieren. Die persönliche Schwankung des Schwimmstils von Schwimmer zu Schwimmer hat keinen signifikanten abträglichen Einfluss auf die Klassifizierung.

[0067] Fig. 4 zeigt eine detailliertere Implementierung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Form eines Flussdiagramms. Im Schritt **41** dient ein zweidimensionales Magnetometer, das an einer Hand eines Schwimmers angebracht ist, zum Bereitstellen magnetometrischer Daten entsprechend der Handbewegung innerhalb des Erdmagnetfelds. Gleichzeitig werden Beschleunigungsdaten entsprechend der Beschleunigung der Hand im Schritt **42** mit Hilfe eines dreidimensionalen Beschleunigungsmessers gemessen. Sowohl die magnetometrischen Daten als auch die Beschleunigungsdaten werden gefiltert und in einem Zwischenspeicher abgespeichert, um für eine Berechnungseinheit zugänglich zu sein. Die magnetometrischen Daten werden im Schritt **43** innerhalb der Berechnungseinheit analysiert, um Handschläge oder -züge nachzuweisen. Die Schwimmzug-Positionen werden im Schritt **44** weiterhin dazu benutzt, eine Folge von Korrelationsfaktoren basierend auf Beschleunigungsdaten zu berechnen, wie es oben detaillierter beschrieben wurde (vorzugsweise separat für jede der drei Dimensionen der Beschleunigung, um die Bestimmung des Schwimmstils in den Schritten **47** und **48** zu erleichtern). Wendephasen werden von Schwimmphasen mit Hilfe der Folge von Korrelationsfaktoren im Schritt **45** unterschieden, beispielsweise so, wie es oben erläutert wurde.

[0068] Nach dem Auffinden der Wendephasen kann das Verfahren mit der Bestimmung verschiedener Parameter fortfahren. Die möglicherweise wichtigsten Parameter sind die Schlagzählung, die Bahnen-Zählung, die Bahn-Zeiten, SWOLF (die Summe der Schwimmzug-Zählung und der Zeit (in Sekunden), die für eine Beckenlänge benötigt werden), die gesamte zurückgelegte Schwimmstrecke und/oder die Durchschnittsgeschwindigkeit (Schritt **46**), oder der Schwimmstil (Schritte **47** und **48**), außerdem lässt sich die Ruhezeit bestimmen.

[0069] Es sei angemerkt, dass der Begriff „Schlagzählung“ (Schwimmstoß- oder Schwimmzug-Zählung) hier die Anzahl entweder von Schlag-Paaren oder individuellen Schwimmzügen bedeutet und sich zur Verwendung des einen oder des anderen Werts anzeigen lässt. Wird von einem asymmetrischen Schwimmstil Gebrauch gemacht, das heißt Freistil oder Rückenkräul, so müssen, wenn die Schlagzählung als individuelle Schwimmzüge ausgedrückt wird, die nachgewiesenen Schwimmzüge mit zwei multipli-

ziert werden, um die Anzahl von einzelnen Schwimmzügen zu erhalten. Im übrigen wird tatsächlich eine Schwimmzugpaar-Zählung, das ist eine Zykluszählung, erhalten. Bei symmetrischen Schwimmzügen, beispielsweise Brustschwimmen oder Butterfly, sind natürlich die Zykluszählung und die Schwimmzug-Zählung identisch.

[0070] Bei der Berechnung von SWOLF wird typischerweise von der individuellen Schwimmzugzählung Gebrauch gemacht. SWOLF wird am häufigsten zum Überwachen der persönlichen Entwicklung als Schwimmer verwendet.

[0071] Die Bahnen-Zählung lässt sich dadurch ermitteln, dass einfach die Anzahl von Wendephasen ermittelt wird. Bahnzeiten werden erhalten, indem man die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wendephasen berechnet.

[0072] Die Strecke wird ermittelt durch Multiplizieren der Bahnzählung mit einer vordefinierten Bahnlänge. Die durchschnittliche Geschwindigkeit erhält man, indem man die gesamte Strecke dividiert durch die gesamte verstrichene Zeit nach dem Start des Schwimmvorgangs (die sich ebenfalls aus den Korrelationsdaten ermitteln lässt).

[0073] Anstatt oder zusätzlich zum Bestimmen von Gesamt-Parametern lässt sich das Gerät auch dazu ausbilden, Intervall-Parameter zu ermitteln. Es kann einen separaten Intervalltraining-Modus geben, oder das Gerät kann kontinuierlich diese Parameter basierend auf den Korrelationsdaten erfassen. Intervallparameter beinhalten eine Intervall-Schwimmzugzählung, eine Intervallzählung, eine Intervalldistanz, eine Intervallzeit, Intervall-SWOLF, Intervall-Geschwindigkeit und/oder Intervall-Schwimmstil. Außerdem lässt sich die gesamte Ruhezeit zwischen Intervallen ermitteln.

[0074] Die Intervalle können statisch sein, das heißt einer vorab definierten Strecke oder Zeit entsprechen, sind jedoch vorzugsweise dynamisch. Der Begriff „dynamisches Intervall“ bedeutet ein oder mehrere Beckenbahnen ohne Zwischenhalt (das heißt eine übliche Wende ohne Ruhe zwischen den Beckenbahnen, wie es durch das vorliegende Gerät ermittelt wird). Beispielsweise kann ein Schwimmer zwei Bahnen des Beckens bei mittlerer Schlagzahl schwimmen, 5 Sekunden ruhen, eine Bahn mit hoher Schlagzahl schwimmen, 15 Sekunden ruhen, zwei Bahnen bei mittlerer Schlagzahl schwimmen, 5 Sekunden ruhen und so fort. Mit Hilfe der dynamischen Überwachung können all diese Phasen verschiedener Strecken und Wenden innerhalb jedes Intervalls durch das vorliegende Gerät nachgewiesen ohne Vorabinformation über den Verlauf des Trainings oder Intervention des Benutzers beim Start/Ende jedes Intervalls.

[0075] Die dynamische Überwachung ist aufgrund der hier beschriebenen robusten Korrelationsanalyse möglich. Ruhephasen lassen sich von üblichen Wenden beispielsweise dadurch unterscheiden, dass man verlängerte Phasen geringer Korrelation nachweist (beispielsweise bedeutet geringe Korrelation für mehr als eine vordefinierte Zeit, dass der Schwimmer ruht, während weniger als die vordefinierte Zeitspanne eine übliche Wende bedeutet). Unter Nutzung dieser Vorgehensweise erhält man die Ruhezeit mit guter Präzision im wesentlichen in Echtzeit während der Ruhephasen. Verglichen mit bekannten Ruhezeit-Ermittlungsverfahren, die nicht auf Korrelation beruhen, ist das vorliegende Verfahren robuster. Beispielsweise täuscht eine Bewegung des Geräts während der Zeit, in der der Benutzer seine visuelle Schnittstelle während der Ruhepause betrachtet, das Gerät nicht in der Weise, dass es glaubt, die Ruhephase sei vorüber. Eine derartige Bewegung korreliert nicht mit anderen nachgewiesenen Bewegungen, und deshalb bleibt der Korrelationsfaktor klein.

[0076] Die Ermittlung des Schwimmstils beinhaltet mehr Berechnungen. Als erstes werden im Schritt **47** die Korrelationsfaktoren für jede der drei Achsen (X, Y, Z) der Beschleunigung aufsummiert oder gemittelt über mehrere Schwimmzüge, typischerweise über eine oder mehrere Schwimmphasen, um drei Gesamt-Korrelationsfaktoren zu gewinnen, die einen Korrelationsvektor im dreidimensionalen Raum bilden. Dieser Schritt lässt sich auch für jede der Schwimmphasen separat durchführen, um Änderungen des Schwimmstils zwischen den Bahnen nachzuweisen. Der Wert des Korrelationsvektors verrät den Schwimm-Stil, wenn er mit vorab definierten, einen Schwimmstil repräsentierenden Punkten oder Abschnitten in dem dreidimensionalen Raum verglichen wird. Beispielsweise lässt sich eine Schwimmstil-Klassifizierung dadurch bewerkstelligen, dass man den Korrelationsvektor, das sind dimensionsspezifische Korrelationsfaktoren, mit vordefinierten Schwellenwerten in drei Dimensionen vergleicht, oder für den ermittelten Korrelationsfaktor einen nächstkommenden vordefinierten Korrelationsfaktor auffindet.

[0077] Einige der oben beschriebenen Ausführungsformen werden im folgenden mit Hilfe von in den **Fig. 5–Fig. 10** dargestellten Graphen veranschaulicht. Abgesehen von dem in **Fig. 7** dargestellten Graphen basieren diese Graphen auf real gefilterten Magnetometer- und Beschleunigungsmesser-Daten und dem oben beschriebenen Berechnungsverfahren.

[0078] **Fig. 5** zeigt einen Graphen der über der Zeit gemessenen Magnetfeldstärke, mit Hilfe eines dreidimensionalen Magnetometers (ein Feld in jeder Dimension ist als individuelle Kurve dargestellt), umfassend die Wendephasen und eine Schwimmphase zwischen den Wendephasen. Wie man sieht, gibt es

während der Schwimmphase deutlich unterscheidbare Magnetfeld-Spitzen, wobei die Unterscheidbarkeit von der Dimension abhängt. Aus den Magnetfelddaten mit Hilfe eines geeigneten Schwimmzug-Nachweusalgorithmus nachgewiesene Schwimmzüge sind mit dem „+“-Zeichen markiert. Während der Wendephasen werden eher zufällige Magnetfelddaten beobachtet.

[0079] **Fig. 6** zeigt die gleichen Dinge wie **Fig. 5**, jedoch über zwei Schwimmphasen und zwei Wendephasen erstreckt.

[0080] **Fig. 7** zeigt einen Graphen von eindimensionalen Beschleunigungsdaten (es könnten auch magnetometrische Daten sein), die über zwei Schwimmzüge ermittelt wurden. Spitzenamplituden befinden sich an den Stellen der gestrichelten Linien. Die Beschleunigungswerte werden in konstanten Intervallen für jede der Spitzenwerte ermittelt (an den Stellen mit Rauten-Markierungen). Jeder Wert der letzteren Spitze wird multipliziert mit dem entsprechenden Wert der vorausgehenden Spitze. Dann werden sämtliche resultierenden Werte aufsummiert, um einen Korrelationsfaktor zu gewinnen, der relevant ist für den letzten Spitzenwert und die betreffende Dimension. Ein Gesamt-Korrelationsfaktor für diese Spitze wird erhalten, indem man die jeweiligen Korrelationsfaktoren für jede der drei Dimensionen aufsummiert. Wenn die Bewegungen, welche die beiden Spitzenwerte repräsentieren, einander ähneln, erhält man einen hohen Wert. Unterscheiden sie sich in ihrer Beschaffenheit, erhält man einen geringen Wert.

[0081] **Fig. 8** zeigt den über der Zeit aufgetragenen Gesamt-Korrelationsfaktor während des Schwimmens über 18 Becken-Bahnen. Jede Schwimmphase ist dargestellt als hohe Korrelationsspitze aufgrund der periodischen korrelierenden Schwimmzüge, wie oben erläutert wurde. Lokale Minima der Daten werden berechnet, um Kandidaten für Wendephasen und einen Schwellenwert zu erhalten, welcher ermittelt wird, zum Unterscheiden zwischen echten Schwimmphasen und Wendephasen. Eine Schwellenwertlinie wurde eingestellt auf einen Wert von 1000, wobei darunter liegende Phasen geringer Korrelation als Wenden interpretiert werden. Es gibt zwei lokale Minima, die nicht unter die Schwellenwertlinie gehen und daher nicht als Wenden eingestuft werden. Alternativ zu der Verwendung des Schwellenwerts können einige andere Kriterien, beispielsweise nach einer vorausgehenden echten Wende verstrichene Zeit, dazu benutzt werden, zwischen echten Wenden und falschen Kandidaten zu unterscheiden. Am Ende des Schwimmvorgangs gibt es eine längere Zeitspanne sehr geringer Korrelation, die zurückzuführen ist auf einen vorübergehenden Halt und eine Ruhepause des Schwimmers am Ende des Beckens. Im Anschluss daran werden zwei weitere Becken-Bahnen nachgewiesen.

[0082] Fig. 9a und Fig. 9b zeigen Korrelationsfaktoren in drei Dimensionen (in Form von X-Y- und Y-Z-Graphen), gemittelt über jede Beckenlänge (jeder Kreis bedeutet eine Beckenlänge), so dass vier unterschiedliche Schwimmstile geschwommen wurden (erster Stil: Sternchen; zweiter Stil: Kreuze; dritter Stil: Kreise; vierter Stil: Kästchen). Wie man sieht, lassen sich die Stile gut voneinander unterscheiden, indem man das Rücksende-Verfahren einsetzt und Gebrauch macht von passend positionierten Ebenen innerhalb des dreidimensionalen Raums beispielsweise gemäß den Fig. 9a und Fig. 9b, um zwischen fünf Stilen mit Hilfe einfacher mathematischer Vergleiche zu unterscheiden.

[0083] Ein Schwimmstil lässt sich außerdem über eine gewisse andere Spanne als eine Beckenlänge bestimmen. Bei einer Ausführungsform enthält das Gerät einen Schwimmstil-Lehrmodus, in welchem der Benutzer das Gerät lehren kann, exakter zwischen ihrem/seinen Schwimmstilen zu unterscheiden. Dies geschieht dadurch, dass repräsentative Korrelationsdatenwerte für jeden Schwimmstil gemessen und gespeichert werden und diese verglichen werden mit entsprechenden Korrelationsdatenwerten, die während des Trainings gewonnen werden. Beispielsweise kann der Benutzer im Lehrmodus einen Schwimmstil über eine Benutzerschnittstelle auswählen und mit diesem Schwimmstil eine gewisse Distanz schwimmen. Das Gerät berechnet einen durchschnittlichen Korrelationsvektor über die geschwommene Strecke und speichert diesen als für den Schwimmstil repräsentativen Korrelationsvektor. Wenn später beim echten Training dann Schwimmstile ermittelt werden, wird der oder werden die gewonnenen Korrelationsvektoren mit dem repräsentativen Korrelationsvektor verglichen.

[0084] Der Schwimm-Monitor umfasst vorzugsweise eine visuelle Benutzerschnittstelle, die dazu ausgebildet ist, dem Benutzer ausgewählte Daten zu präsentieren, beispielsweise sämtliche oder einige der gesamten Parameter oder (dynamischen) Intervallparameter, die oben angesprochen wurden. Wichtig ist, dass es möglicherweise Gesamt-Trainingsdaten und/oder Intervalldaten für die Darstellung gibt, und/oder ein separater Ruhezeit-Timer vorhanden sein kann, dessen Wert selektiv nach einem Rücksetzvorgang jedes Mal dann erhöht wird, wenn eine Ruhephase nachgewiesen wurde. Intervalldaten können auf verschiedene Weise dargestellt werden, darunter in Form individueller Intervallzeit (Rücksetzungen bei jeder neuen Ruhephase), eine aufsummierte Intervallzeit (Rücksetzungen zu Beginn des Trainings und angehalten während Ruhephasen), oder aufsummierte Intervall- und Ruhezeit (Rücksetzungen zu Beginn des Trainings, jedoch während Ruhephasen nicht angehalten). Die unterschiedlichen Arten der Darstellung von Daten dienen unterschiedlichen Trainingszwecken. Beispielsweise kann es ei-

nen Trainingsabschnitt mit Ruhephasen fester Länge geben, so dass der Schwimmer die ablaufende Ruhezeit als separates Merkmal auf der Anzeige ablesen kann, ebenso wie die Intervallzeit als separates Merkmal. Andererseits kann bei einem anderen Typ von Trainingseinheit eine feste Intervallzeit gegeben sein, wobei sämtliche überschüssige Zeit zum Ausruhen dienen kann. In diesem Fall kann der Schwimmer das Gesamtintervall zuzüglich der Ruhezeit nachschauen, um zu wissen, wann ein neues Intervall zu beginnen ist. In sämtlichen Fällen wirkt der oder wirken die Timer dynamisch ohne Vorab-Daten bezüglich des beabsichtigten Trainingsverlaufs oder benutzerseitiger Intervention.

[0085] Die vorliegende Erfindung ist in höchstem Maß von Vorteil beim Analysieren von Schwimmvorgängen in der Halle, da es deutliche Wenden an den Enden des Beckens gibt. Allerdings kann die Erfindung natürlich auch beim Schwimmen im Freien eingesetzt werden, um Ruhephasen oder Wenden an beispielsweise Bojen nachzuweisen. Die Bestimmung des Schwimmstils ist in beiden Umgebungen möglich.

Beispiele und Abwandlungen (Monitor für Schwimmen in der Halle)

Sensoren

[0086] Ein beispielhafter Schwimmalgorithmus verwendet Daten von einem Beschleunigungssensor und einem Magnetometer. Daten werden mit einer Rate von 10 Hz von sämtlichen Achsen eingeholt. Damit gibt es sechs Datenströme. acc-x-Achse, acc-y-Achse, acc-z-Achse, mag-x-Achse, mag-y-Achse und mag-z-Achse.

Filterung

[0087] Sowohl die mag- als auch die acc-Daten werden mit einem Tiefpassfilter und einem Hochpassfilter gefiltert.

Schwimmzugnachweis

[0088] Schwimmzüge oder -schläge werden aus gefiltertem Magnetometer x-, y- und z-Daten ermittelt. Schwimmzüge können auch aus Beschleunigungsmesser-Daten ermittelt werden, allerdings liefern Magnetometerdaten weniger Fehler innerhalb desselben Algorithmus.

[0089] Ein Schwimmzug-Nachweisalgorithmus sucht nach Spitzen bei sämtlichen Achsen von Sensordaten. Die Achse mit dem größten Spitzenwert wird als Hauptachse gewählt. Weist eine andere Achse später einen Spitzenwert auf, der größer ist als der letzte Spitzenwert der Hauptachse, multipliziert mit einem Koeffizienten (einem Wert zwischen

1,2–2,2), dann wird diese Achse als neue Hauptachse gewählt. Der Koeffizient wächst um 0,2 jedes Mal dann, wenn ein Spitzenwert als möglicher Schwimmzug akzeptiert wird, so dass es schwierig ist, die Hauptachse zu wechseln. Die Wirkung dieses Wachstums des Koeffizienten ist aus **Fig. 5** ersichtlich. **Fig. 5** zeigt gefilterte Magnetometerdaten. Blaue Kreuze sind Kandidaten für Schwimmzüge. Der dritte, vierte und fünfte Schwimmzug besitzen keinen höchsten Spitzenwert in der Hauptachse, aufgrund des wachsenden Koeffizienten jedoch ändert sich die Hauptachse nicht, und jene Spitzenwerte werden nach wie vor als Punkte für Schwimmzüge ausgewählt.

[0090] Spitzenwerte der Hauptachse, die Betrags- und Zeitregeln erfüllen, werden als Schwimmzug-Kandidaten ausgewählt. Die Betragsregel kann beispielsweise besagen, dass der Spitzenwert um 33% höher liegen muss als der vorausgehende Spitzenwert. Die Zeitregel kann besagen, dass der Spitzenwert auftreten muss, nachdem 50% Zeit nach dem zuvor akzeptierten Spitzenwert des Spitzenwert-Intervalls gestrichen ist.

Korrelationsberechnung

[0091] Das Ziel der Korrelationsberechnung besteht darin, eine zyklische Bewegung des Arms ebenso nachzuweisen wie Änderungen in dieser zyklischen Bewegung. Der Vorteil der Korrelation ist ein robusteres Nachweisen von Schwimm-Wenden an den Beckenenden, und wenn der Benutzer den Schwimmstil wechselt. In beiden Fällen kann der Arm die Bewegung mit derselben oder einer anderen Frequenz fortsetzen, da aber der Weg der Armbewegung sich ebenso wie die Sensorsignale ändert, fällt die Korrelation ab, und wir können Änderungen in der zyklischen Bewegung genauer erfassen. Die Korrelation lässt sich sowohl aus Magnetometer- als auch aus Beschleunigungsmesserdaten berechnen. Um Energieverbrauch des Prozessors einzusparen, ist es bevorzugt, die Korrelation nur aus Beschleunigungsmesserdaten zu berechnen.

[0092] Wenn ein Spitzenwert in irgendeiner der Magnetometerachsen nachgewiesen wird, wird anschließend die Korrelation des gefilterten Beschleunigungssignals für sämtliche Achsendaten berechnet. Die Länge der Korrelationsberechnung kann mit vorausgehenden Schwimmzug-Intervallen verknüpft werden, um Prozessorleistung einzusparen. Dies bedeutet, dass eine Korrelation von Beschleunigungsdaten zwischen dem letzten Schwimmzugintervall und gleicher Zeit vor dem letzten Schwimmzugintervall berechnet werden. Ein Beispiel für Beschleunigungsdaten und das letzte Schwimmzugintervall ist in **Fig. 7b** dargestellt. Korrelationsdaten von den x-, y- und z-Achsen werden aufsummiert, um nur einen Gesamt-Korrelationswert zu erhalten.

[0093] **Fig. 8b** zeigt, wie sich dieser aufsummierte Korrelationswert verhält. Er ist groß, wenn der Benutzer schwimmt oder eine andere zyklische Bewegung vollzieht. Er fällt scharf ab, wenn der Benutzer am Ende des Beckens eine Wende vollzieht, und wenn der Benutzer keine zyklische Bewegung macht. Der Vorteil davon besteht darin, dass der Stil der Wende keinen Einfluss auf den Nachweis der Wende hat. Alles was interessiert, ist dass die Wende die zyklische Bewegung unterbricht.

[0094] **Fig. 8c** zeigt, dass selbst dann, wenn sich die Hand während einer Zeitspanne von 360 bis 400 Sekunden bewegt, die in **Fig. 8d** gezeigte Korrelation kaum während dieser Zeit ansteigt, da die Bewegung nicht zyklisch ist. Zusätzlich zu einem deutlichen Erkennen einer Ruhephase ist klar zu sehen, dass die Wende am Ende des Beckens aus den Korrelationsdaten nahe bei der Zeit von 426 Sekunden ersichtlich ist. Deshalb besteht der Vorteil der Korrelationsberechnung darin, dass die Abtrennung der zyklischen Bewegung, Aktivitäten des Benutzers verschieden von der des Schwimmens, Wenden und eine Schwimmstil-Änderung äußerst robust erkennbar sind.

Schwimmaktivitätszustand

[0095] Der Schwimmaktivitätszustand wird basierend auf der Gesamtkorrelation unterschieden, wie oben erläutert wurde.

Nachweisen von Beckenlängen

[0096] Der Start des Schwimmens im Becken und Wenden an dessen Enden werden basierend auf der Gesamtkorrelation ermittelt, wie oben erläutert wurde.

Ruhezeit

[0097] Die Ruhezeit nach jedem Schwimmintervall wird basierend auf der Gesamtkorrelation ermittelt, wie oben erläutert wurde.

Nachweis des Schwimmstils

[0098] Der Korrelationswert für jede Beschleunigungsmesserachse variiert abhängig von dem Schwimmstil. Deshalb können Korrelationswerte für die Achse dazu dienen, einen Korrelationsvektor für den Schwimmstil-Nachweis zu erzeugen. Nachdem der Korrelationsvektor gebildet wurde, kann eine Anzahl unterschiedlicher Methoden dazu benutzt werden, den Schwimmstil zu klassifizieren. Beispielsweise kann in einem vordefinierten Schwimmstilmodus ein einfacher Klassifizierbaum mit stückweise linearen Grenzregeln benutzt werden, um eine Entscheidung über die Schwimm-Stile zu treffen. **Fig. 9a** zeigt Klassifizierungsvektoren für einen Schwimm-

stil aus der X- und Y-Achsen-Perspektive. Darüber hinaus sind zugehörige Regelgrenzen-Linien dargestellt, die in dem Entscheidungsbaum verwendet werden. **Fig. 9b** zeigt Korrelationsvektoren für einen Schwimmvorgang aus der Y- und Z-Achsen-Perspektive. In **Fig. 9a** und **Fig. 9b** bedeuten Sternchen Rückenschwimmen, Kreuze bedeuten Brustschwimmen, Ringe bedeuten Freistil und Quadrate bedeuten Butterfly. Um die Klassifizierung des Schwimmstils zu verbessern, kann der Korrelationsvektor so erweitert werden, dass er auch weitere Parameter beinhaltet, so zum Beispiel die relativen Positionen von Beschleunigungs-Spitzenwerte der x-, y- und z-Achse über der Zeit. Auch kann man von anderen Parametern Gebrauch machen, die von Sensordaten abgeleitet sind.

Lehren des Schwimmstils

[0099] Der Benutzer kann seinen Schwimmstil einem Algorithmus zum besseren Nachweis des Schwimmstils vermitteln. In dieser Betriebsart berechnet das Gerät den gleichen Korrelationsvektor wie in dem oben beschriebenen Modus für vorab definierte Schwimmstile. Schwimmstil-Vektoren, welche benutzerspezifizierte Schwimmstile repräsentieren, werden in dem Speicher des Geräts in einem Lehr-Modus abgespeichert. Die Klassifizierung eines Trainingsmodus geschieht dadurch, dass man berechnet, welcher von den gelernten Schwimmstilvektoren den Korrelationsvektor aus der letzten Beckenbahn am nächsten kommt.

Dokumentenliste

Patentliteratur:

US 2004/0020856
US 6,955,542
US 7,980,998
US 2010/0210975

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 Patentliteratur

- US 2004/0020856 [0004]
- US 6955542 [0005]
- US 7980998 [0006]
- US 2010/0210975 [0007]

Patentansprüche

1. An einem Körperteil eines Schwimmers anbringbares Gerät zum Überwachen der Ausführung des Schwimmens, umfassend:

- ein oder mehrere bewegungsempfindliche Sensoren zum Bilden von Bewegungsdaten, die charakteristisch für die Bewegung des Schwimmers während des Schwimmens sind,
- eine Berechnungseinheit, ausgebildet zum Nachweisen von Körperbewegungen aus den Bewegungsdaten unter Verwendung vorab definierter Kriterien,

dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnungseinheit umfasst:

- eine Einrichtung zum Berechnen einer Mehrzahl von Korrelationsfaktoren, die die Korrelation von Bewegungsdaten zwischen aufeinanderfolgenden nachgewiesenen Körperbewegungen darstellen,
- eine Einrichtung zum Speichern der Korrelationsfaktoren als zeitliche Folge,
- eine Einrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter, die charakteristisch sind für das Ausführen des Schwimmens, basierend auf den gespeicherten Korrelationsfaktoren.

2. Gerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass es an einem Handgelenk des Schwimmers anbringbar ist, und die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, zumindest Hand-Schwimmstöße des Benutzers als Körperbewegungen nachzuweisen.

3. Gerät nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum Berechnen mehrerer Korrelationsfaktoren dazu ausgebildet ist, einen oder mehrere erste Bewegungsdatenwerte an vorab definierten Punkten nachgewiesener Körperbewegung mit einem oder mehreren zweiten Bewegungsdatenwerten an entsprechenden Punkten einer vorausgehenden nachgewiesenen Körperbewegung zu multiplizieren, und optional die resultierenden Werte über die Körperbewegungen aufzusummieren, um einen Korrelationsfaktor zu gewinnen, der eine Korrelation zwischen den beiden Körperbewegungen widerspiegelt.

4. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter dazu ausgebildet ist, die Anzahl und/oder Zeitpunkte von Wenden des Schwimmers in einem Schwimmbecken als den Parameter zu bestimmen, der charakteristisch ist für die Ausführung des Schwimmens, basierend auf Zonen zeitlicher Schwankungen in den Korrelationsfaktoren der zeitlichen Folge.

5. Gerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl und/oder Zeitpunkte von Wenden des Schwimmers dazu ausgebildet ist,

- die zeitliche Folge von Korrelationsfaktoren zu analysieren, um deren lokale Minima aufzufinden, und
- die lokalen Minima als Wenden des Schwimmers zu registrieren und/oder die Zeitpunkte der lokalen Minima als zeitliche Punkte von Wenden des Schwimmers zu speichern unter der Voraussetzung, dass vorab definierte Kriterien bezüglich der Minima erfüllt sind.

6. Gerät nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter zusätzlich dazu ausgebildet ist, den Start und/oder das Ende zu registrieren und/oder die zeitlichen Punkte des Starts und/oder des Endes der Schwimm-Ausführung basierend auf Zonen zeitlicher Schwankungen der Korrelationsfaktoren in der zeitlichen Folge zu bestimmen.

7. Gerät nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, die gesamte Schwimmdistanz basierend auf der Anzahl und/oder den zeitlichen Punkten der Wenden des Schwimmers und einer vorab festgelegten Information über die Länge des Schwimmbeckens zu berechnen.

8. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter dazu ausgebildet ist, die Ruhezeit des Schwimmers während der Ausführung als Parameter zu bestimmen, der charakteristisch für das Ausführen des Schwimmens ist, basierend auf Zonen zeitlicher Schwankungen in den Korrelationsfaktoren der zeitlichen Folge.

9. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter dazu ausgebildet ist, zu unterscheiden zwischen Schwimmphasen, Wendephasen und Ruhephasen unter Verwendung lediglich der Messdaten von dem einen oder mehreren bewegungsempfindlichen Sensoren und den Korrelationsfaktoren, ohne benutzerseitig eingegebene Daten im Verlauf der Ausführung.

10. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Visualisieren mindestens zweier der folgenden Parameter für den Benutzer als den einen oder die mehreren Parameter, die charakteristisch für die Ausführung des Schwimmens sind: Schwimmzeit, geschwommene Strecke, Anzahl der Bahnen, Zeit pro Bahn, Ruhezeit zwischen Bahnen, Gesamtruhezeit, Schwimm- und Ruhe-Gesamtzeit, Schwimmstil.

11. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungsdaten Daten für drei unterschiedliche Bewegungsdimensionen umfassen, und die Einrichtung

tung zum Bestimmen eines oder mehrerer Parameter dazu ausgebildet ist, den bei der Ausführung des Schwimmens gewählten Schwimmstil als den für die Ausführung des Schwimmens charakteristischen Parameter zu bestimmen, indem

- Zonen einer hohen Gesamtkorrelation in der zeitlichen Folge von Korrelationsfaktoren bestimmt werden,
- dimensionsspezifische Korrelationsfaktoren während der Zonen hoher Gesamtkorrelation bestimmt werden, und
- der Schwimmstil in eine von mehreren vorab definierten Schwimmstil-Klassen basierend auf den Werten der dimensionsspezifischen Korrelationsfaktoren klassifiziert wird.

12. Gerät nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dimensionsspezifischen Korrelationsfaktoren dazu ausgebildet sind, bestimmt zu werden als Durchschnitts-Korrelationsfaktoren über den Zonen hoher Gesamtkorrelation.

13. Gerät nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Klassifizieren dazu ausgebildet ist, vorgenommen zu werden durch Vergleichen der dimensionsspezifischen Korrelationsfaktoren mit vorab definierten Schwellenwerten in drei Dimensionen, oder durch Auffinden eines nächstkommanden vorab definierten Schwimmstil-Korrelationsfaktors für die dimensionsspezifischen Korrelationsfaktoren.

14. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch

- einen ersten bewegungsempfindlichen Sensor, und
- einen zweiten bewegungsempfindlichen Sensor von einem Typ verschieden von dem des ersten bewegungsempfindlichen Sensors,

wobei die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, die von dem ersten Sensor gelieferten Bewegungsdaten zum Nachweisen der Körperbewegungen zu verwenden, und die von dem zweiten Sensor gelieferten Bewegungsdaten zum Berechnen der Korrelationsfaktoren zu verwenden.

15. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine oder die mehreren bewegungsempfindlichen Sensoren ein dreidimensionales Magnetometer aufweisen.

16. Gerät nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, Körperbewegungen anhand von Bewegungsdaten nachzuweisen, die von dem dreidimensionalen Magnetometer geliefert werden.

17. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine oder die mehreren bewegungsempfindlichen Sensoren ei-

nen dreidimensionalen Beschleunigungsmesser aufweisen.

18. Gerät nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, die Korrelationsfaktoren unter Verwendung von Bewegungsdaten zu bestimmen, die von dem dreidimensionalen Beschleunigungsmesser geliefert werden.

19. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit im Schwimmstil-Lehrmodus dazu ausgebildet ist,

- repräsentative Korrelationsdatenwerte von mehr als einer Bewegungsdimension zu messen und zu speichern,
- jedem gespeicherten repräsentativen Korrelationsdatenwert einen benutzer-definierten Schwimmstil zuzuordnen,
- und in einem Trainingsmodus,
- gemessene Korrelationsdatenwerte zu vergleichen mit gespeicherten repräsentativen Korrelationsdatenwerten, um zwischen Schwimmstilen der Schwimmer zu unterscheiden.

20. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine oder die mehreren Schwimmparameter, die charakteristisch sind für die Schwimm-Ausführung, einen oder mehrere der folgenden Parameter umfassen: Anzahl der Züge, Anzahl der Bahnen, Bahnen-Zeit, SWOLF, geschwommene Gesamtstrecke, durchschnittliche Geschwindigkeit, Schwimmstil, Ruhezeit.

21. Gerät nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Anzeigen mindestens eines von dem einen oder den mehreren Parametern, die charakteristisch sind für das Ausführen des Schwimmens.

22. Verfahren zum Bestimmen mindestens eines Parameters zum Ausführen des Schwimmens während des Schwimmens, umfassend:

- Messen einer Bewegung eines Schwimmers unter Verwendung von einem oder mehreren bewegungsempfindlichen Sensoren, die an einem Körperteil des Schwimmers angebracht sind, um Bewegungsdaten zu liefern,
- Analysieren der Bewegungsdaten zum Nachweisen von Körperbewegungen des Schwimmers, gekennzeichnet durch
- Bestimmen einer Bewegungskorrelation zwischen aufeinanderfolgenden Körperbewegungen, die kontinuierlich während der Ausführung des Schwimmens nachgewiesen werden,
- Bestimmen des mindestens einen Parameters der Ausführung des Schwimmens, basierend auf der Bewegungskorrelation.

23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Parameter der Schwimm-Ausführung die Anzahl und/oder zeitlichen Punkte von Wenden des Schwimmers an den Enden eines Schwimmbeckens umfasst, die bestimmt werden anhand von zeitlichen Schwankungen in der Bewegungskorrelation.

24. Verfahren nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch

- Bestimmen lokaler Minima der Bewegungskorrelation,
- Speichern der zeitlichen Punkte der lokalen Minima als zeitliche Punkte der Wenden des Schwimmers, vorausgesetzt, dass vorab definierte Kriterien erfüllt sind.

25. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Parameter der Schwimm-Ausführung die Ruhezeit während der Ausführung umfasst, bestimmt anhand von zeitlichen Schwankungen in der Bewegungskorrelation.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Parameter der Schwimm-Ausführung den Schwimmstil der Schwimm-Ausführung aufweist, bestimmt basierend auf dem

- Messen der Bewegung des Körperteils des Schwimmers in drei Dimensionen, um dreidimensionale Bewegungsdaten bereitzustellen,
- Bestimmen der Bewegungskorrelation separat in den drei Dimensionen während der Schwimm-Ausführung,
- Bestimmen des Schwimmstils basierend auf der räumlichen Verteilung der Bewegungskorrelation in den drei Dimensionen.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegung des Schwimmers unter Verwendung von mindestens drei verschiedenen Sensoren gemessen wird, vorzugsweise einem dreidimensionalen Magnetometer und einem dreidimensionalen Beschleunigungsmesser, und durch Nachweisen der Körperbewegungen des Schwimmers unter Verwendung von durch einen der Sensoren gelieferten Daten, vorzugsweise durch den Magnetometer, und Bestimmen der Bewegungskorrelation unter Verwendung von Daten, die von dem anderen der Sensoren, vorzugsweise dem Beschleunigungsmesser, geliefert werden.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

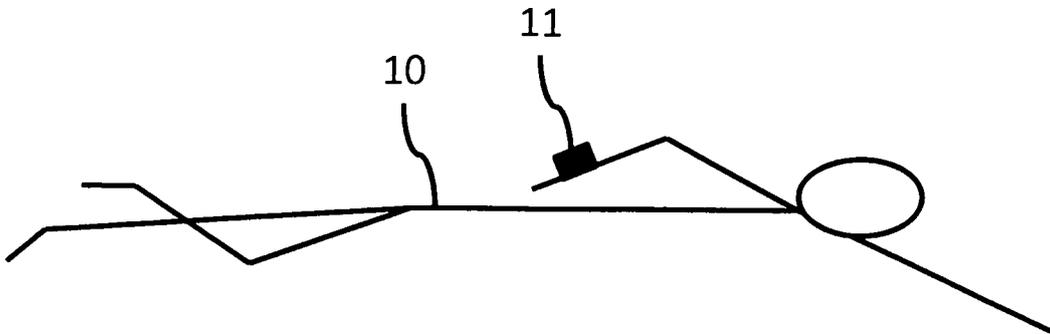


Fig. 1

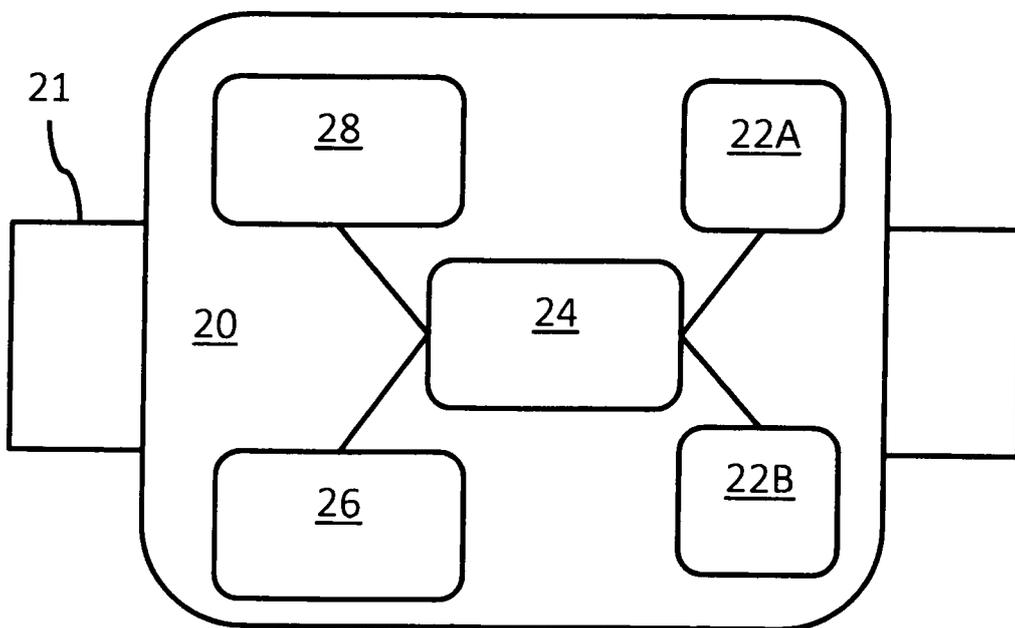


Fig. 2

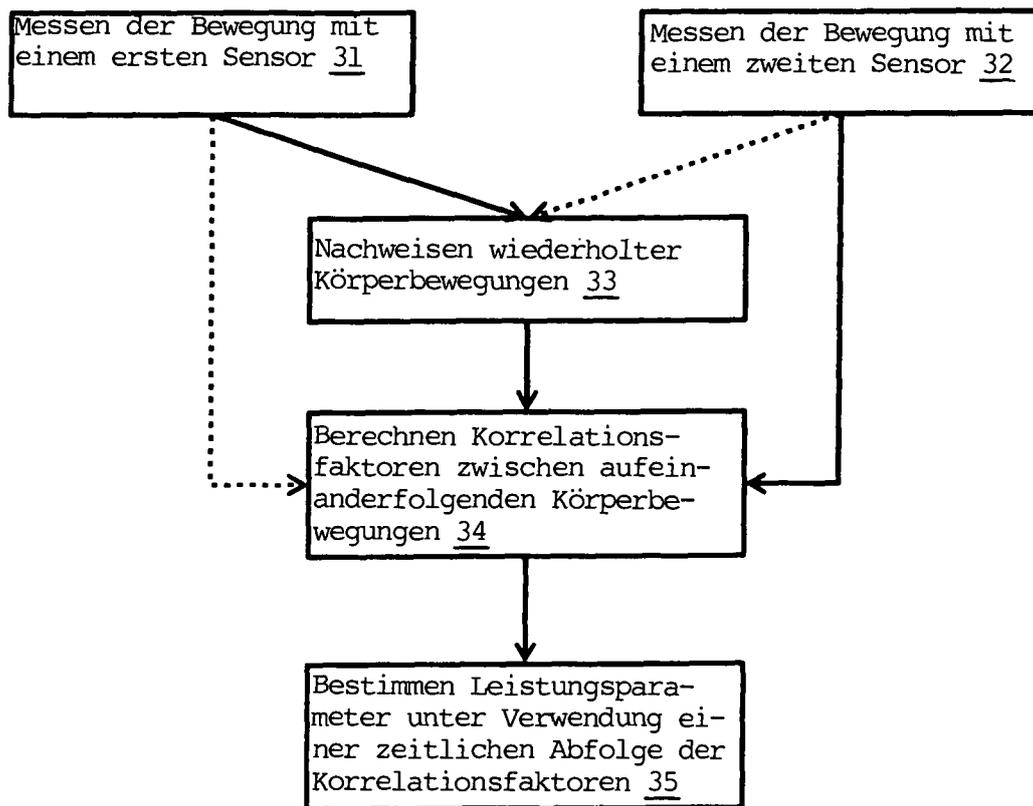


Fig. 3

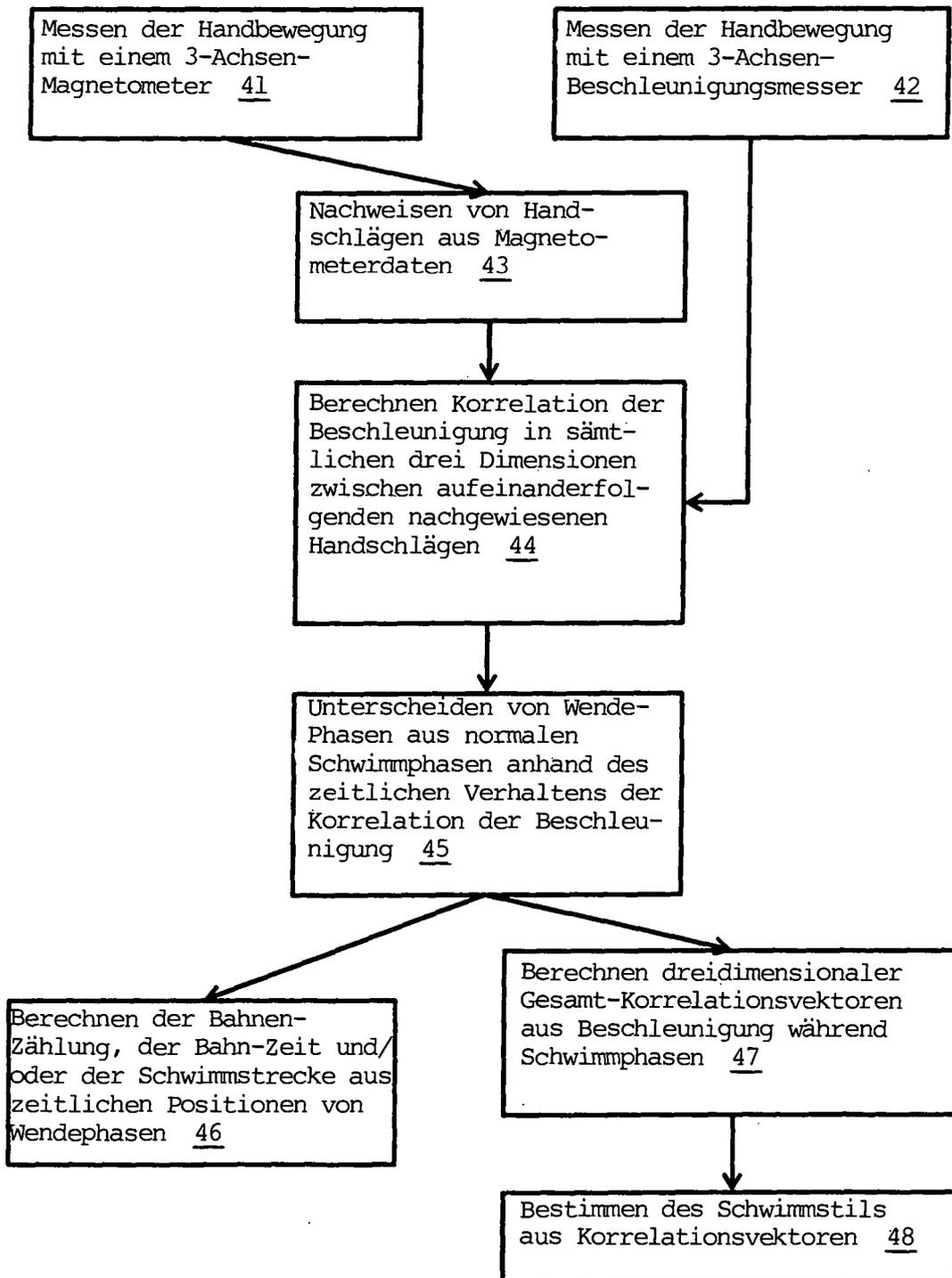


Fig. 4

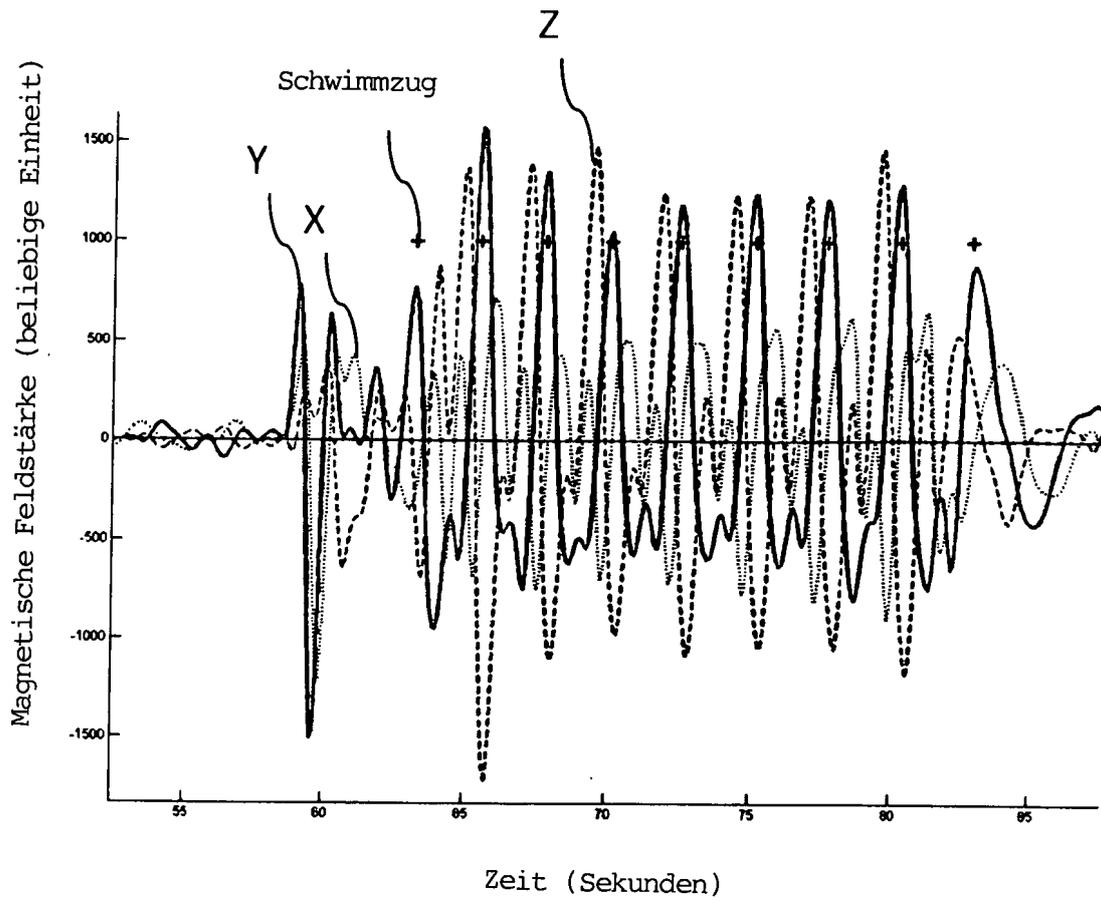


Fig. 5

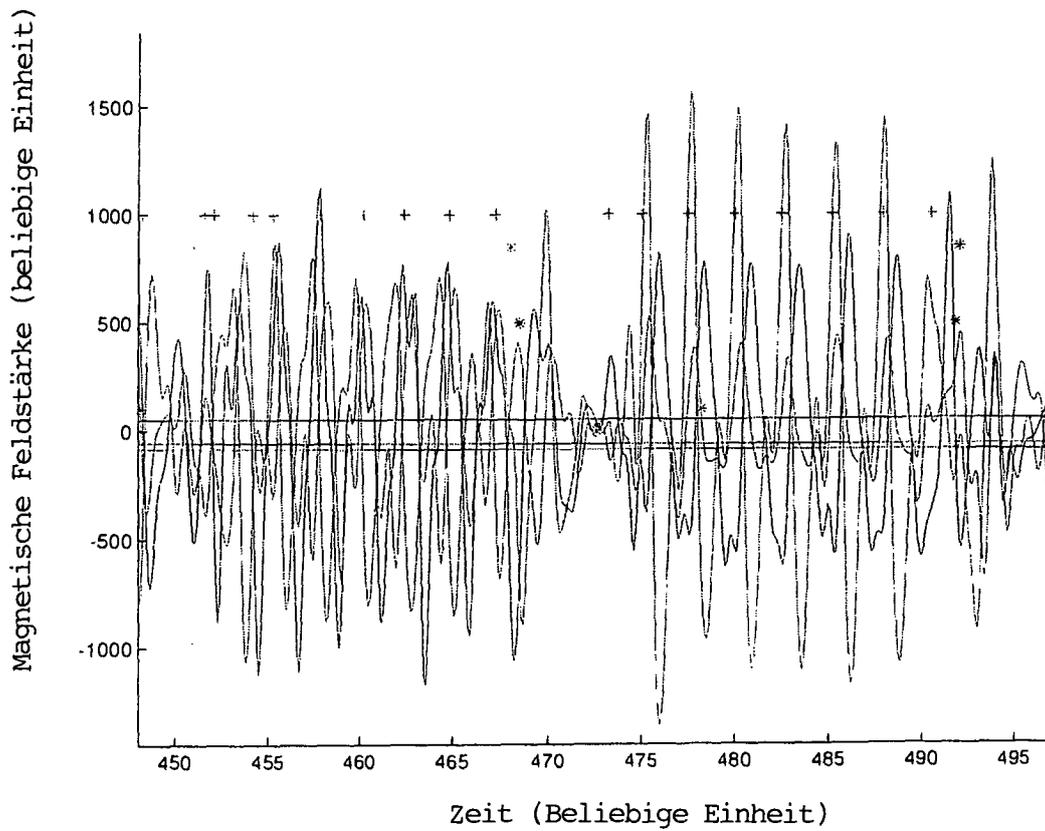


Fig. 6

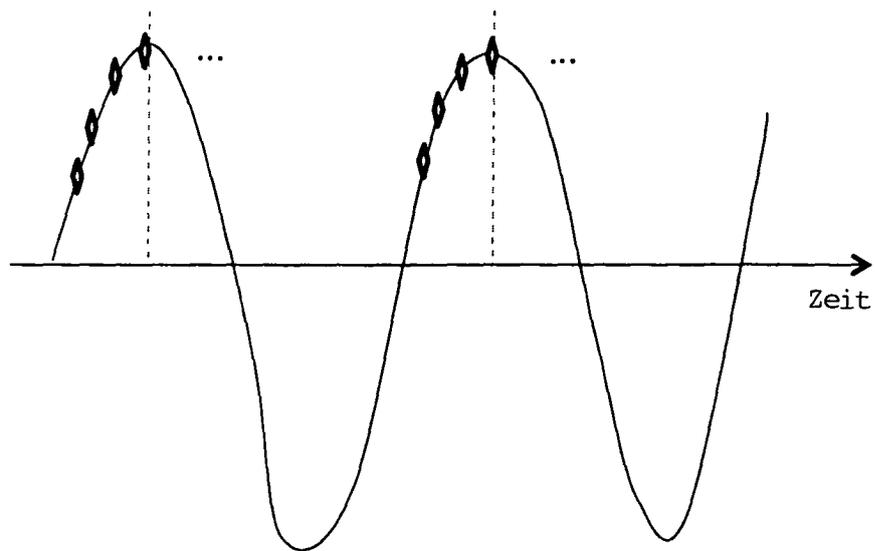


Fig. 7a

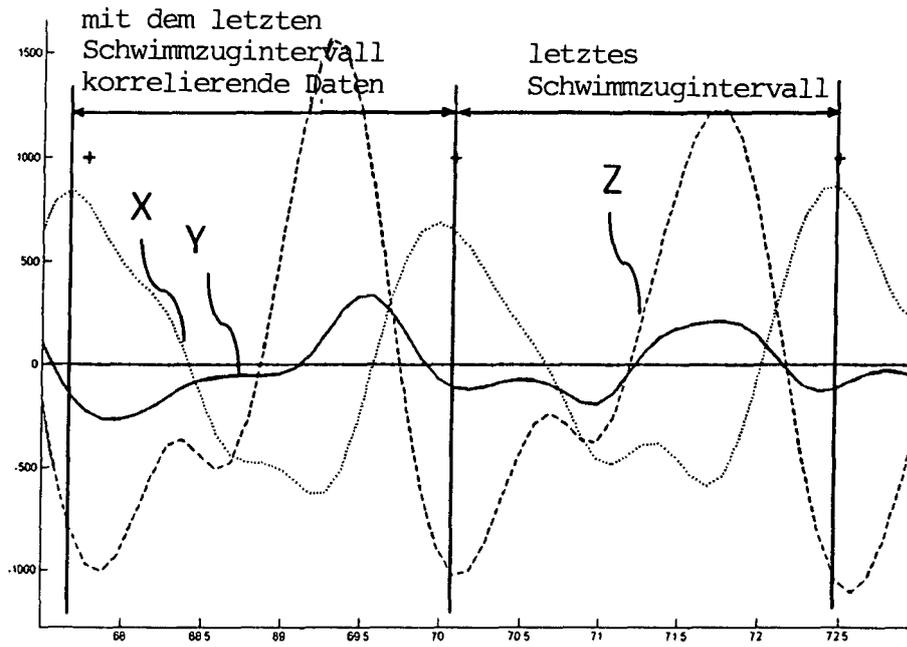


Fig. 7b

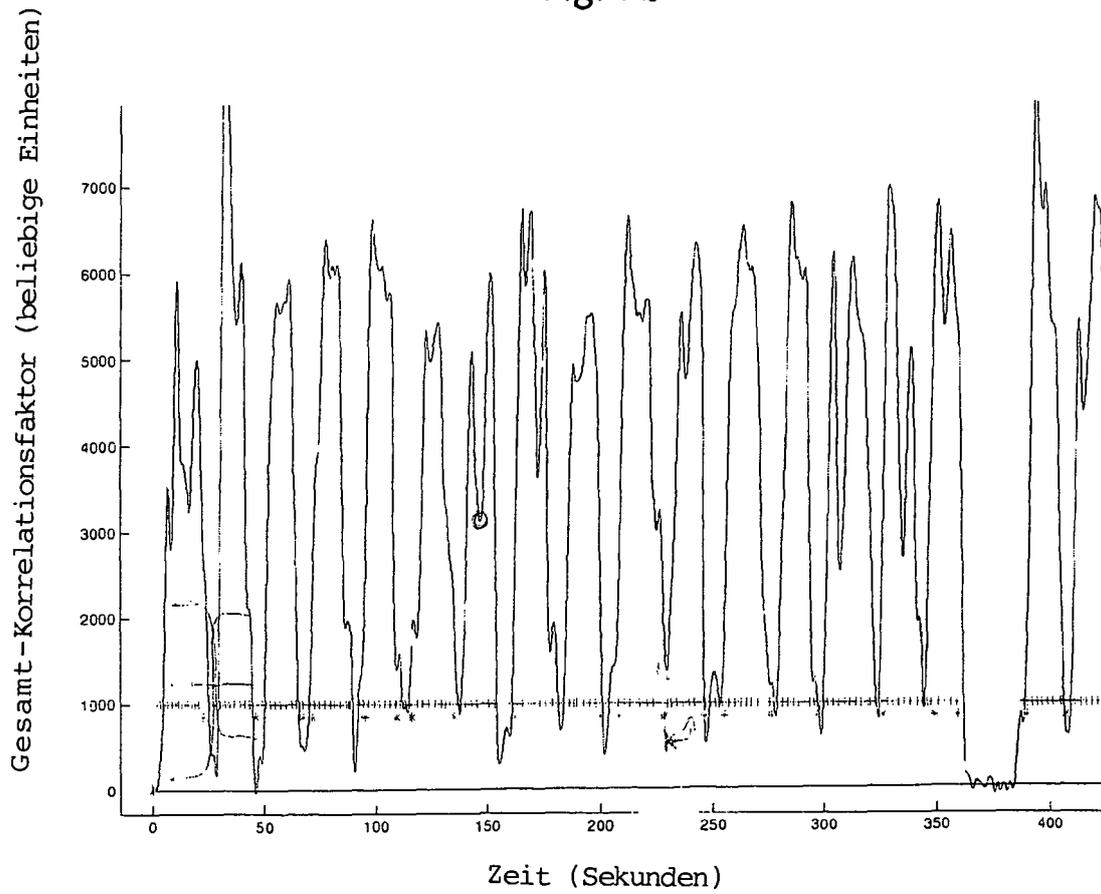


Fig. 8a

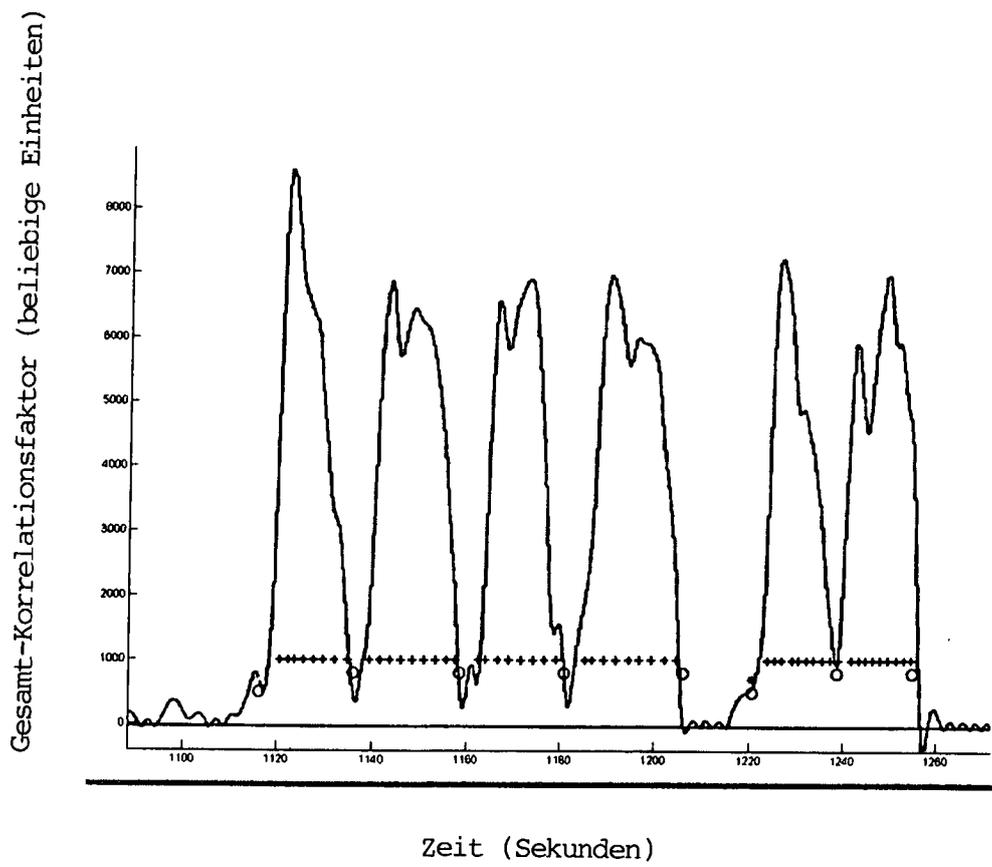


Fig. 8b

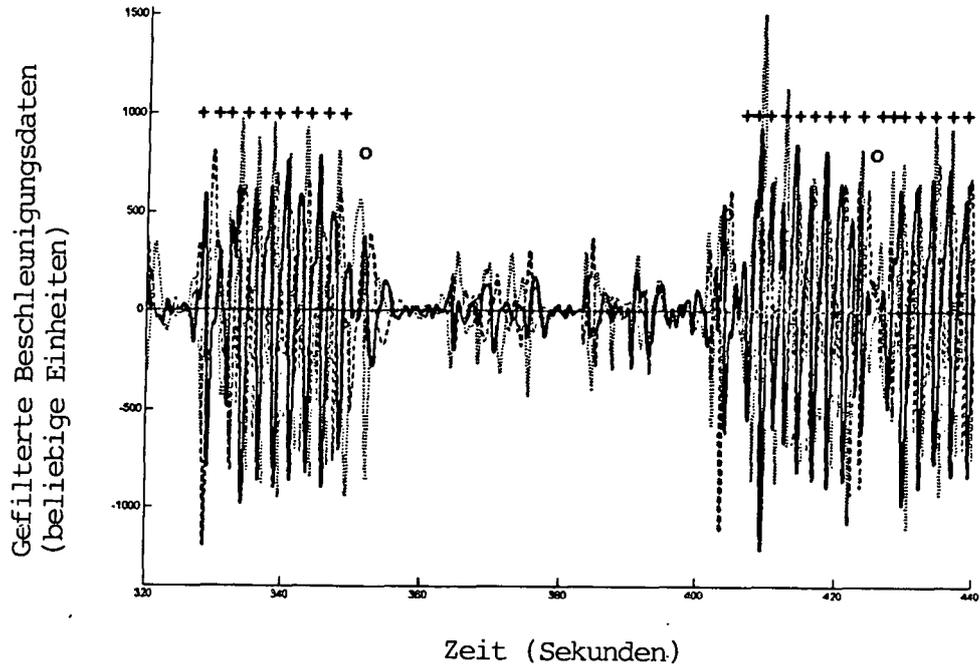


Fig. 8c

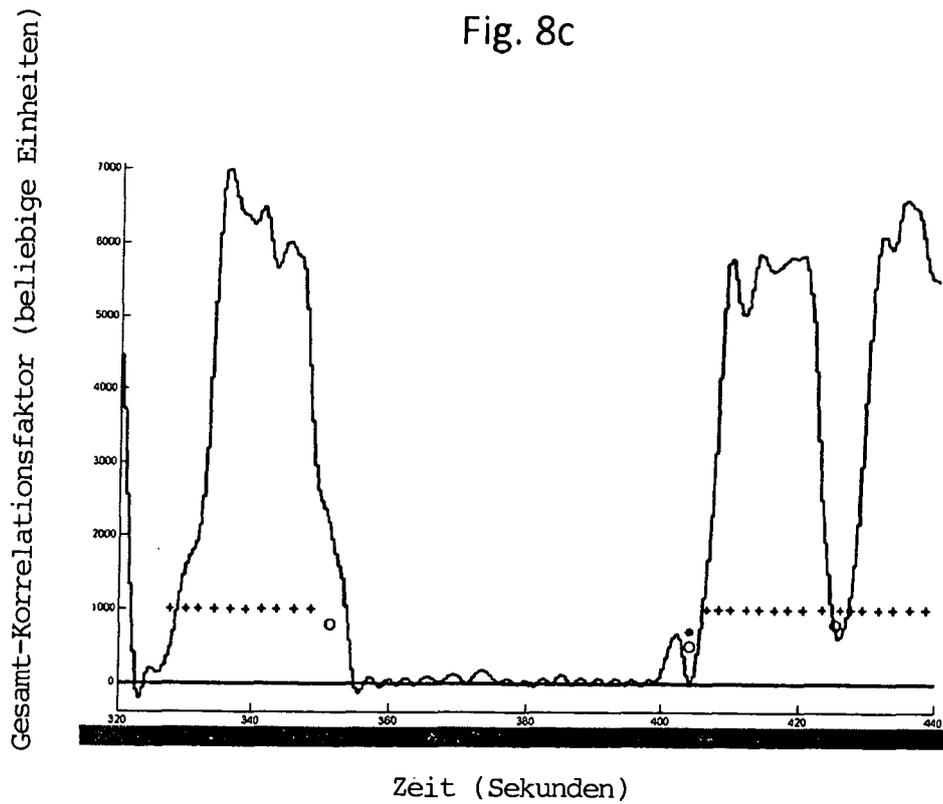


Fig. 8d

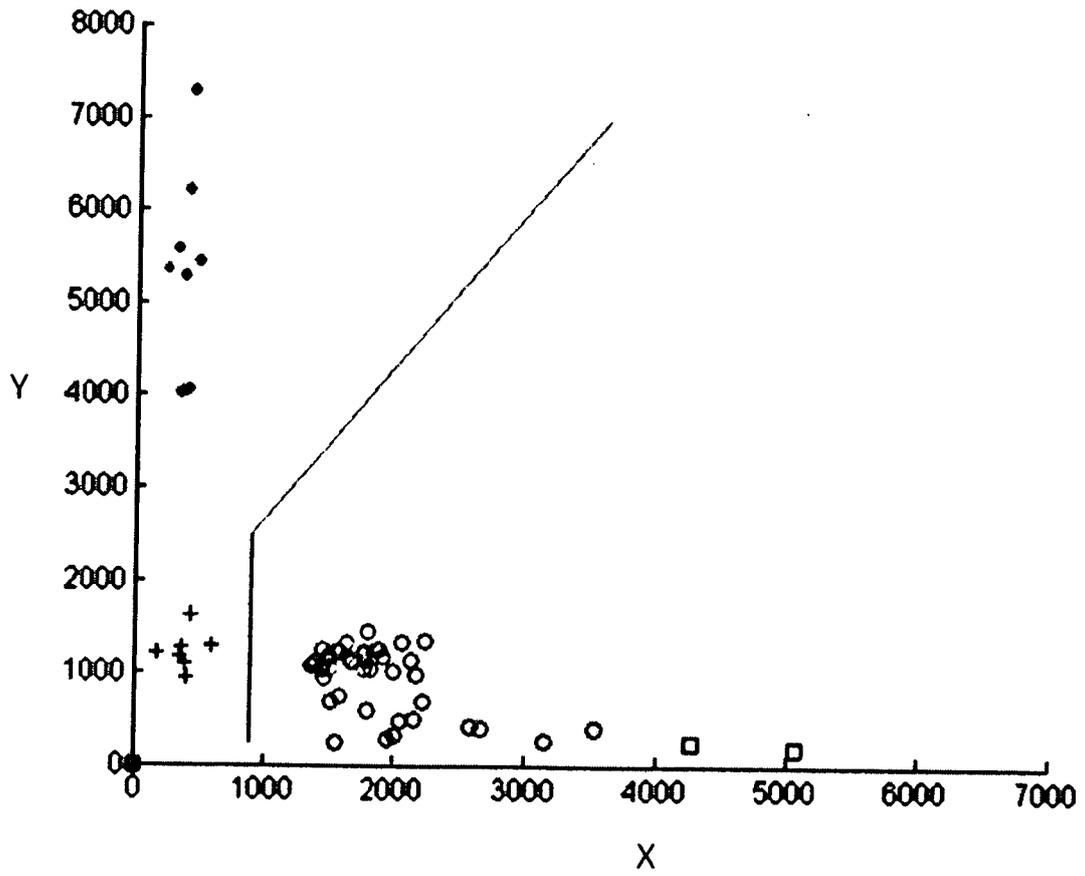


Fig. 9a

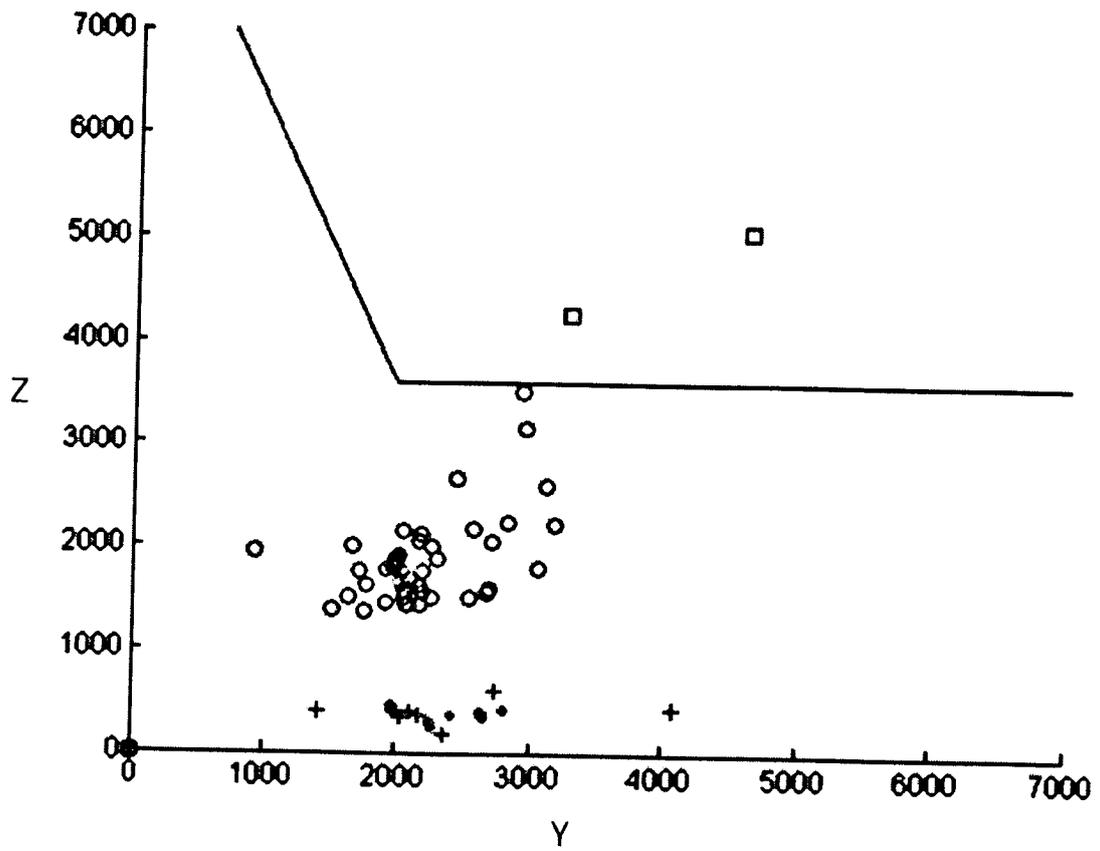


Fig. 9b