

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
08. November 2018 (08.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/202606 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61B 5/024 (2006.01) A61B 5/0468 (2006.01)
A61B 5/0245 (2006.01) A61B 5/0472 (2006.01)
A61B 5/046 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
A61B 5/0464 (2006.01)

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/061007

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. April 2018 (30.04.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17169566.1 04. Mai 2017 (04.05.2017) EP

(71) Anmelder: BAYER AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Kaiser-Wilhelm-Allee 1, 51373 Leverkusen
(DE).

(72) Erfinder: HENGSTMANN, Ulf; Sankt-Anno-Höhe 20,
51491 Overath (DE). MÜLLER, Christian, Johannes;
Osteroder Str. 24, 40595 Düsseldorf (DE).

(74) Anwalt: BIP PATENTS; Alfred-Nobel-Str. 10, NRW,
40789 Monheim am Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: ARRHYTHMIA DETECTION

(54) Bezeichnung: ERKENNUNG VON HERZRHYTHMUS-STÖRUNGEN

(57) Abstract: The invention relates to the technical field of detecting atrial fibrillation in a physically active person. The invention also relates to a system, to a method and to a computer program product with which atrial fibrillation can be detected in physically active person.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Erkennung von Vorhofflimmern bei sportlich aktiven Menschen. Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind ein System, ein Verfahren und ein Computerprogrammprodukt, mit denen Vorhofflimmern bei sportlich aktiven Menschen erkannt werden kann.



WO 2018/202606 A1

Erkennung von Herzrhythmus-Störungen

Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Erkennung von Vorhofflimmern bei sportlich aktiven Menschen. Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind ein System, ein Verfahren und ein Computerprogrammprodukt, mit denen
5 Vorhofflimmern bei sportlich aktiven Menschen erkannt werden kann.

Vorhofflimmern (englisch: *atrial fibrillation* (AF)) ist eine Herzrhythmusstörung mit ungeordneter Tätigkeit der Herzvorhöfe. Normalerweise schlägt das menschliche Herz etwa 60 bis 100 Mal pro Minute und pumpt dadurch Blut unaufhörlich durch den Körper. Die Pumpwirkung setzt ein koordiniertes Agieren der zwei größeren Herzkammern und
10 zwei kleineren Vorhöfe voraus. Zwischen den Vorhöfen und den Herzkammern befinden sich die Atrioventrikularklappen, die wie ein Ventil verhindern, dass das Blut in die Vorhöfe zurückfließt. Ziehen sich die Vorhöfe zusammen, wird das Blut in die Kammern transportiert. Sobald diese ganz gefüllt sind, ziehen sie sich ebenfalls zusammen und pumpen das Blut in den Kreislauf. Damit dieser koordinierte Pumpvorgang abläuft, ist es
15 notwendig, dass spezialisierte Zellen des Sinusknotens elektrische Impulse auf die Vorhöfe und von dort zu den Herzkammern übertragen.

Beim Vorhofflimmern verliert die vom Sinusknoten ausgehende Erregungswelle ihre Ausrichtung. Die Vorhöfe ziehen sich nicht mehr geordnet zusammen; es kann zu unrhythmischen Zuckungen bis zu 600 Mal pro Minute kommen.

20 Das Vorhofflimmern ist verbunden mit einem erhöhten Risiko für Schlaganfälle und für Herzinsuffizienz. Die Sterblichkeit ist erhöht.

Etwa 70 Prozent der Vorhofflimmer-Attacken bemerken die betroffenen Menschen gar nicht. Die Betroffenen klagen meist über unspezifische Beschwerden wie plötzlicher Leistungsknick, Müdigkeit, Herzklopfen oder Schlafstörungen.

25 Das Elektrokardiogramm (EKG) ist derzeit das am meisten verbreitete Diagnoseverfahren, um Vorhofflimmern zu erkennen (siehe zur Diagnose von Vorhofflimmern mittels EKG: *2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS*, European Heart Journal (2016), 37, 2893-2962, doi:10.1093/eurheartj/ehw210).

Da Vorhofflimmern bei vielen Patienten zunächst nur in Episoden auftritt, kann ein Langzeit-EKG notwendig sein. Mit einem tragbaren EKG-Gerät werden über einen längeren Zeitraum (meist 24 Stunden, zum Teil 72 Stunden) Herzfrequenz und Herzrhythmus gemessen. So kann auch ein nur zeitweise auftretendes Vorhofflimmern
5 diagnostiziert werden. Beispielsweise offenbart DE102016119097A1 ein tragbares drahtloses 12-Kanal-Elektrokardiogrammsystem, das eine einzelne Elektrodenlage mit mehreren auf der Lage ausgebildeten Elektroden und ein Mikroelektrokardiogrammmessmodul, das direkt an der Elektrodenlage befestigt ist, umfasst. Das System ist für den Einsatz in Krankenhäusern konzipiert (siehe Absatz
10 [0133]).

US2016/0338646A1 offenbart einen dünnen Sensor, der wie ein Aufkleber am Körper eines Patienten getragen werden kann. Daten werden aus dem Sensor mittels eines separaten Geräts per Funk ausgelesen. Das separate Gerät kann auch zur Stromversorgung des Sensors verwendet werden. In der Offenlegung US2016/0338646A1 ist beschrieben,
15 dass Patienten mit Herzerkrankungen für einen längeren Zeitraum überwacht werden sollen (siehe Absätze [0005] bis [0007]).

Seit einiger Zeit stehen auch sogenannte Ereignisrekorder (Event-Recorder) zur Verfügung. Mit diesen handlichen Geräten können die Patienten selbst ein EKG (Elektrokardiogramm) aufzeichnen, sobald die Herzrhythmusstörung akut auftritt. In der
20 Regel werden die mobilen Ereignisrekorder mit Klebeelektroden direkt an der Haut fixiert, so dass das Gerät den Herzrhythmus permanent erfassen kann. Die meisten Geräte können die aufgezeichneten Daten per Telefon übertragen. Bei einem veränderten Herzrhythmus kann somit der Hausarzt oder die Telemedizinambulanz kontaktiert werden, die nach dem Anruf mit der Aufzeichnung des Herzrhythmus beginnt. Ist kein Telefon verfügbar,
25 werden die Daten später übermittelt, beispielsweise per E-Mail. Aufgrund der Anbringung auf der Haut ist diese Form der mobilen EKG-Erfassung zeitlich jedoch beschränkt. Zudem muss der Patient das Auftreten einer Herzrhythmusstörung selbst erkennen.

Ein implantierbarer Herzmonitor erlaubt eine dauerhafte Aufzeichnung des Herzschlags. Die inzwischen nur daumengroßen Geräte werden hierfür unter die Haut implantiert.
30 EP2915479A1 offenbart einen solchen implantierbaren Herzsensord, der speziell zur Erkennung von Vorhofflimmern hergerichtet ist. Nachteilig ist der erforderliche operative Eingriff.

Die im Stand der Technik beschriebenen Diagnosewerkzeuge und Maßnahmen zielen auf Patienten ab, bei denen Vorhofflimmern diagnostiziert worden ist oder bei denen zumindest ein Verdacht auf Vorhofflimmern vorliegt. Es gibt jedoch Menschen, die weder wissen noch ahnen, dass sie unter Vorhofflimmern leiden (siehe z.B. R.B. Schnabel et al.:
5 *Atrial Fibrillation: Its Prevalance and Risk Factor Profile in the German General Population*; Dtsch. Arztebl. Int. 2012 Apr; 109(16): 293-9; doi: 10.3238/arztebl.2012.0293).

Hinzu kommt, dass Vorhofflimmern auch bei Sportlern beobachtet wird, obwohl gerade Sport als gesundheitsfördernde Maßnahme gegen Herz-Kreislaferkrankungen angesehen
10 wird (siehe z.B. M.K. Turagam: *Atrial Fibrillation in Athletes: Pathophysiology, Clinical Presentation, Evaluation and Management*; J. Atr. Fibrillation 2015; 8(4): 1309).

Insofern gehören Sportler einer Gruppe von Menschen an, bei denen Vorhofflimmern auftreten kann, die aber wahrscheinlich am wenigsten mit einer solchen Diagnose rechnen.

Die vorliegende Erfindung stellt Mittelt bereit, die es erlauben, Indizien für das Vorliegen
15 von Vorhofflimmern bei sportlich aktiven Menschen zu erkennen. Die vorliegende Erfindung holt die sportlich aktiven Menschen dabei genau bei ihrer sportlichen Aktivität ab. Die vorliegende Erfindung baut auf Geräten auf, die viele sportlich aktive Menschen bei der Ausübung ihrer Sportart ohnehin mit sich führen: einen Herzfrequenz-Sensor und ein mobiles Computersystem (z.B. Smartphone oder Smartwatch), so dass die vorliegende
20 Erfindung diesen Menschen keinerlei unangenehme Maßnahmen aufbürdet. Die Nutzer der vorliegenden Erfindung müssen lediglich ein Computerprogramm (App) auf ihrem mobilen Computersystem installieren und können dann die Erfindung nutzen. Die Analyse und ggf. Identifizierung von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern laufen automatisiert im Hintergrund ab. Mit minimalen Mitteln können damit Indizien für das
25 Vorliegen von Vorhofflimmern bei sportlich aktiven Menschen quasi nebenbei erkannt werden.

Ein erster Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Erkennung von Vorhofflimmern bei einem sportlich aktiven Menschen, der einen tragbaren Herzfrequenz-Sensor trägt, umfassend die Schritte

- 30 - Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor mittels eines mobilen Computersystems in einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist

- Analysieren der Daten zur Herzfrequenz
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den Daten
- Übermitteln eines Signals an den Menschen zum Einlegen einer Ruhephase
- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor während der Ruhephase
- Analysieren der während der Ruhephase empfangenen Daten
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den während der Ruhephase empfangenen Daten
- Übermitteln einer Mitteilung über das Vorliegen oder nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern an den Menschen.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein System umfassend

- ein mobiles Computersystem,

wobei das mobile Computersystem konfiguriert ist,

- Daten zur Herzfrequenz eines Menschen von einem Herzfrequenz-Sensor während einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist, zu empfangen,
- die Daten auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren
- bei Erkennen solcher Indizien dem Menschen ein Signal zur Einhaltung einer Ruhephase zu übermitteln
- während der Ruhephase weitere Daten zur Herzfrequenz des Menschen zu empfangen
- die während der Ruhephase empfangenen Daten auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren
- dem Menschen eine Mitteilung über das Vorliegen oder Nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu übermitteln.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt umfassend einen Datenträger, auf dem ein Computerprogramm gespeichert ist, das in den Arbeitsspeicher eines mobilen Computersystems geladen werden kann und dort das Computersystem dazu veranlasst, folgende Schritte ausführen:

- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von einem Herzfrequenz-Sensor mittels des mobilen Computersystems in einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist

- Analysieren der Daten zur Herzfrequenz
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den Daten
- Übermitteln eines Signals an den Menschen zum Einlegen einer Ruhephase
- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor während der Ruhephase
- Analysieren der während der Ruhephase empfangenen Daten
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den während der Ruhephase empfangenen Daten
- Übermitteln einer Mitteilung über das Vorliegen oder nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern an den Menschen.

Die Erfindung wird nachstehend näher erläutert, ohne zwischen den Erfindungsgegenständen (Verfahren, System, Computerprogrammprodukt) zu unterscheiden. Die nachfolgenden Erläuterungen sollen vielmehr für alle Erfindungsgegenstände in analoger Weise gelten, unabhängig davon, in welchem Kontext (Verfahren, System, Computerprogrammprodukt) sie erfolgen.

Die vorliegende Erfindung erlaubt die Überwachung der Herzfrequenz von sportlich aktiven Menschen im Hinblick auf das Vorliegen von Merkmalen, die auf Vorhofflimmern hindeuten. Die vorliegende Erfindung greift dabei auf Mittel zurück, die viele sportlich aktive Menschen ohnehin bei der Ausübung ihres Sports mit sich führen. Damit kommt die vorliegende Erfindung mit einem Minimum an Hilfsmitteln aus. Die Erkennung von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern erfolgt also "nebenbei".

Viele sportlich aktive Menschen tragen Herzfrequenz-Sensoren, um ihre körperliche Aktivität an einen optimalen Trainingspuls zur Fettverbrennung, Ausdauersteigerung oder Verbesserung des Herz-Kreislauf-Systems anzupassen.

Im Wesentlichen lassen sich zwei Typen von tragbaren Herzfrequenz-Sensoren unterscheiden, die für sportliche Zwecke verwendet werden: EKG Herzfrequenz-Sensoren und PPG Herzfrequenz-Sensoren.

Im Fall der EKG Herzfrequenz-Sensoren wird die Herzschlagfrequenz oder kurz Herzfrequenz (engl. *heart rate*) auf Basis eines elektrokardiografischen Signals, das durch den Herzschlag verursacht wird, auf der Haut eines Menschen gemessen. Das Signal wird mittels Elektroden, die an zwei Punkten in Kontakt mit dem Körper stehen, gemessen. Details zur Messung des elektrokardiografischen Signals sind beispielsweise zu finden in:

Arthur C. Guyton: *Human Physiology and Mechanisms of Disease*, 3rd Edition, W.B. Saunders Company, 1982, ISBN 4-7557-0072-8, Kapitel 13: The Electrocardiogram.

Aus dem elektrokardiografischen Signal wird die Herzfrequenz üblicherweise aus dem RR-Abstand ermittelt. Der RR-Abstand ist der Abstand zwischen zwei R-Zacken im EKG.

- 5 Eine R-Zacke ist die markanteste Zacke eines Elektrokardiogramms. Sie ist Teil des QRS-Komplexes.

Der RR-Abstand markiert die Dauer einer elektrischen Herzaktion. Aus ihm lässt sich mathematisch die Herzfrequenz (HF) wie folgt ableiten:

$$HF [1/\text{min}] = 60/\text{RR-Abstand [s]}$$

- 10 Bei professionellen Diagnosesystemen im Bereich der Medizintechnik werden oftmals bis zu zehn Elektroden am Brustkorb und an den Rippen eines Patienten befestigt. EKG-Signale solcher Diagnosesysteme liefern genaue Informationen in Bezug auf die verschiedenen Komponenten (P-, QRS- und T-Signalverläufe) eines Herzschlags.

- 15 Im Sport werden üblicherweise einpolige EKG Herzfrequenz-Sensoren verwendet. Bei ihnen wird mit einem Brustgurt mit zwei Elektroden die Herzaktivität gemessen. Ein solcher Sensor ist zum Beispiel in der Patentschrift US 6,775,566B2 beschrieben, die hiermit durch Bezugnahme vollständig in diese Beschreibung einbezogen ist.

Kommerziell werden solche Herzfrequenz-Sensoren beispielsweise unter den Bezeichnungen H7 oder H10 von der Firma Polar Electro GmbH Deutschland vertrieben.

- 20 Ein vergleichsweise neuer Trend zur Herzfrequenzmessung ist die Photoplethysmographie (PPG). Die Methode nutzt aus, dass sich die Blutmenge, die in den Arterien transportiert wird, mit dem Herzzyklus ändert. Das Herz wirft rhythmisch abwechselnd Blut aus (Systole) und saugt es ein (Diastole). Entsprechend fließt während der Systole mehr Blut durch die Arterie, während der Diastole weniger. Misst man die Änderung des
- 25 Blutvolumens an einer Körperstelle, lässt sich aus der Periodizität des Messsignals der Puls ableiten. Die Herzrate wird dann üblicherweise mit der Pulsrate gleichgesetzt, was jedoch streng genommen nicht richtig ist, da der Puls sämtliche Qualitäten der Druckkurve umfasst. Die Messung des Blutvolumens erfolgt optisch anhand der Lichtabsorption des im Blut enthaltenen Hämoglobins. Der Sensor, bestehend aus nebeneinander angeordneter
- 30 Lichtquelle und Detektor, sitzt direkt an der Haut. Das abgestrahlte Licht durchdringt Haut,

Gewebe sowie Blutgefäße und wird absorbiert, transmittiert oder reflektiert. Die Menge des vom Detektor registrierten, reflektierten Lichts verändert sich mit der veränderlichen Blutmenge, die die Arterien durchströmt.

PPG Herzfrequenz-Sensoren sind beispielsweise in EP1579802A1 und US2014276119
5 beschrieben.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein EKG Herzfrequenz-Sensor verwendet, vorzugsweise ein einpoliger EKG Herzfrequenz-Sensor mit zwei Elektroden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform wird ein PPG Herzfrequenz-Sensor
10 verwendet.

Der Herzfrequenz-Sensor ist so hergerichtet, dass er Daten zur Herzfrequenz an ein tragbares (mobiles) Computersystem übertragen kann. Das mobile Computersystem ist neben dem Herzfrequenz-Sensor das Mittel, das ein Mensch zur Ausübung der vorliegenden Erfindung benötigt und das er üblicherweise auch beim Sport mit sich führt.

15 Vorzugsweise handelt es sich bei dem mobilen Computersystem um ein Smartphone, eine Smartwatch, ein Tablet-Computer oder ein vergleichbares Gerät, besonders bevorzugt ist es ein Smartphone oder eine Smartwatch.

Herzfrequenz-Sensoren wie die oben erwähnten Geräte H7 und H10 von Polar sind so hergerichtet, dass sie Daten zu Herzfrequenzen an ein mobiles Computersystem zum
20 Beispiel über eine Bluetooth-Verbindung übertragen können.

Im Falle der Verwendung einer Smartwatch oder dergleichen ist es auch denkbar, dass der Herzfrequenz-Sensor und das mobile Computersystem in einem einzigen Gerät vereint sind. Die Übertragung der Daten von dem Sensor zum Computersystem erfolgt in einem solchen Fall innerhalb des Geräts.

25 Es ist denkbar, dass die von dem Herzfrequenz-Sensor aufgenommenen elektrokardiografischen Signale als digitalisierte Daten an das mobile Computersystem übertragen werden. Denkbar ist aber auch, dass die elektrokardiografischen Signale mittels eines zum Sensor zugehörigen Mikroprozessors analysiert und die RR-Abstände bestimmt werden, und diese RR-Abstandswerte dann in digitaler Form an das mobile
30 Computersystem übertragen werden.

Das mobile Computersystem ist entsprechend konfiguriert, so dass es die von dem Herzfrequenz-Sensor übermittelten Daten empfangen kann.

Die Konfiguration des mobilen Computersystems erfolgt üblicherweise durch die Installation und das Ausführen eines entsprechenden Computerprogramms. Das
5 entsprechende Computerprogramm wird als Computerprogrammprodukt angeboten und kann beispielsweise als so genannten App aus einem App-Store oder von einer Webseite geladen werden. Unter der Bezeichnung "App" wird eine Anwendungssoftware für mobile (d.h. tragbare) Computersystem verstanden.

Es ist vorgesehen, dass ein Mensch, der sich sportlich betätigen will, den Herzfrequenz-
10 Sensor am Körper anbringt, und das Computerprogramm zur Erkennung von Herzrhythmus-Störungen auf dem mobilen Computersystem startet. Der Herzfrequenz-Sensor und das mobile Computersystem sind bereits gekoppelt oder werden nach dem Starten des Computerprogramms miteinander gekoppelt, damit das mobile Computersystem Daten von dem Herzfrequenz-Sensor empfangen kann.

15 Während einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist, wird die Herzfrequenz von dem Herzfrequenz-Sensor erfasst und es werden Daten zur Herzfrequenz an das mobile Computersystem übertragen.

Unter "sportlicher Aktivität" wird jede körperliche Bewegung verstanden, die durch die Skelettmuskulatur produziert wird und den Energieverbrauch über den Grundumsatz
20 anhebt.

Vorzugsweise liegt der Energieverbrauch über 3 MET, noch mehr bevorzugt ist er größer oder gleich 4 MET, am meisten bevorzugt ist er größer oder gleich 5 MET. Dabei bezeichnet MET das metabolische Äquivalent (engl. *metabolic equivalent of task*). Je nach Messmethode entspricht 1 MET dem Umsatz von 3,5 mL Sauerstoff pro Kilogramm
25 Körpergewicht pro Minute bei Männern bzw. 3,15 mL/kg/min bei Frauen oder einem Energieverbrauch von 4,2 kJ pro Kilogramm Körpergewicht pro Stunde.

Vorzugsweise beträgt die Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist, mindestens 30 Minuten.

Vorzugsweise liegt die Herzfrequenz bei der sportlichen Aktivität oberhalb von 50% des Maximalpulses, noch mehr bevorzugt oberhalb von 55% des Maximalpulses, am meisten bevorzugt oberhalb von 60% des Maximalpulses.

Die maximale Herzschlagfrequenz (auch: Maximalpuls) ist die Anzahl der Herzschläge pro Minute, die ein Mensch bei größtmöglicher körperlicher Anstrengung erreichen kann. Die maximale Herzschlagfrequenz ist eine individuelle Größe, die von Alter, Geschlecht, genetischer Veranlagung, Trainingszustand und Tagesform (u. a. Hormonhaushalt) abhängt. Der individuelle Maximalpuls kann durch entsprechende Ausdauerbelastung ergometrisch bestimmt werden.

Die übermittelten Daten zur Herzfrequenz werden in dem mobilen Computersystem auf Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung, vorzugsweise von Vorhofflimmern analysiert.

Diese Analyse erfolgt automatisiert. "Automatisiert" bedeutet, dass keinerlei menschliches Zutun erforderlich ist. Erfindungsgemäß ist also ein Computerprogramm auf einem Computersystem installiert, das Zugriff auf die übermittelten Daten zur Herzfrequenz hat, als Hintergrundprozess läuft, und die Daten automatisiert auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern analysiert. Als Hintergrundprozess bezeichnet man einen Prozess, der mit dem Benutzer nicht direkt agiert und damit asynchron zu der Benutzerschnittstelle agiert.

In einer bevorzugten Ausführungsform startet die Analyse automatisch, wenn der Mensch sportlich aktiv ist. Es ist zum Beispiel denkbar, dass das mobile Computersystem über einen oder mehrere Bewegungssensoren verfügt, mit denen erkannt werden kann, ob der Mensch sportlich aktiv ist. Denkbar ist, dass die Analyse automatisch startet, wenn mittels der Bewegungssensoren registriert wird, dass der Mensch über einen definierten Zeitraum definierte Bewegungen, die bei sportlich aktiven Menschen (z.B. Joggen) üblich sind, ausgeführt hat. Denkbar ist auch, dass die Analyse beginnt, wenn die Herzfrequenz einen definierten Schwellenwert überschritten hat. Denkbar ist aber auch, dass die Analyse beginnt, sobald der Mensch das Computerprogramm gestartet und die Übertragung von Daten von dem Herzfrequenz-Sensor zum mobilen Computersystem begonnen hat. In erster Linie interessiert sich der Mensch für die Herzfrequenz, beispielsweise um ein definiertes Trainingsprogramm zu absolvieren – im Hintergrund findet eine Analyse der Daten statt, um Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu erkennen.

Algorithmen zur Erkennung von Vorhofflimmern in Daten zur Herzfrequenz sind in der Literatur beschrieben (siehe z.B. Xiaolin Zhou et al.: A Real-Time Atrial Fibrillation Detection Algorithm based on the Instantaneous State of Heart Rate, PLoS ONE 10(9): e0136544. doi:10.1371/journal.pone.0136544 oder US2016/0228020A1). Sie basieren
5 üblicherweise auf der Analyse der Dynamik der RR-Abstände.

Das Computerprogramm/Computersystem ist so konfiguriert, dass es dem Nutzer ein Signal übermittelt, falls der verwendete Algorithmus das Vorliegen von Vorhofflimmern erkennt. Es ist aber denkbar, dass die sportliche Aktivität zu einem Fehler bei der Erkennung von Vorhofflimmern geführt hat. Das übermittelte Signal soll den Nutzer daher
10 dazu auffordern, eine Ruhephase einzulegen, um eine weitere Messung und Analyse durchzuführen, während sich der Nutzer in der Ruhephase befindet. Dadurch können Fehler, die durch die sportliche Aktivität verursacht werden, vermieden werden.

Bei dem übermittelten Signal kann es sich um ein akustisches Signal (z.B. ein Signalton oder eine Sprachnachricht), um ein optisches Signal (z.B. das Aufblinken einer LED oder
15 das Anzeigen einer Nachricht auf einem Display des mobilen Computersystems) und/oder um ein taktils Signal (z.B. ein Vibrationsalarm) handeln. Vorzugsweise wird ein akustisches und/oder taktils Signal mit einer angezeigten Nachricht auf dem Display des mobilen Computersystems verbunden. Der Nutzer (der sportlich aktive Mensch) wird also akustisch/optisch und/oder taktil aufgefordert, eine Ruhephase einzulegen. Vorzugsweise
20 erhält er über das Display des mobilen Computersystems eine Mitteilung darüber, was er genau zu tun hat: z.B. könnte er aufgefordert werden, sich hinzusetzen oder sich hinzulegen und ruhig ein- und auszuatmen. Die Aufforderung kann auch bildlich unterstützt werden, indem auf dem Bildschirm des Computersystems (Computerdisplay) beispielsweise schematisch eine Person in sitzender oder liegender Haltung angezeigt wird.

Es ist denkbar, dass der Nutzer aufgefordert wird, einen virtuellen Knopf auf dem Bildschirm des Computersystems (das als Touchdisplay ausgeführt ist) zu betätigen, sobald er die Ruheposition eingenommen hat, oder mittels Sprachsteuerung zu signalisieren, dass er die Ruheposition eingenommen hat. Es ist aber auch denkbar, dass das mobile Computersystem über einen oder mehrere Bewegungssensoren verfügt und
30 aufgrund der reduzierten Bewegung selbst erkennt, wann der Nutzer die Ruheposition eingenommen hat. Es ist auch denkbar, dass das Computersystem die Ruhephase dadurch erkennt, dass sich die Herzfrequenz auf einen vorher definierten Wert reduziert hat.

Nach Einnehmen der Ruheposition (z.B. sitzend oder liegend) bzw. Start der Ruhephase werden die vom Herzfrequenz-Sensor übermittelten Daten zur Herzfrequenz vom mobilen Computersystem erneut analysiert. Vorzugsweise werden die während der Ruhephase übermittelten Daten aufgezeichnet, das heißt, in einem Datenspeicher gespeichert. Die
5 Aufzeichnung und Analyse der Daten erfolgt über eine definierte Zeitspanne, vorzugsweise mindestens eine Minute, besonders bevorzugt zwischen einer und drei Minuten.

In einer bevorzugten Ausführungsform starten die Analyse und/oder die Aufzeichnung automatisch, z.B. wenn mittels Bewegungssensoren erkannt wird, dass sich der Mensch in
10 Ruhe befindet, und/oder z.B. nach Absinken der Herzfrequenz unter einen definierten Schwellenwert.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform startet der Mensch die Analyse und/oder Aufzeichnung.

Es ist denkbar, dass auf dem Computerdisplay das Fortschreiten der Ruhephase grafisch
15 angezeigt wird, z.B. durch einen stetig wachsenden Balken oder eine rückwärtslaufende Uhr. Das Ende der Ruhephase und damit das Ende der Aufzeichnungsperiode kann dem Nutzer akustisch, optisch und/oder taktil angezeigt werden.

Die in der Ruhephase empfangen Daten werden wiederum auf das Vorliegen von Indizien für Vorhofflimmern analysiert.

20 Nachdem die Mess-, Aufzeichnungs- und Auswertephase beendet ist, wird dem Nutzer eine entsprechende Mitteilung übermittelt, dass die Analyse beendet ist. Dies kann durch ein akustisches und/oder optisches und/oder taktilen Signal erfolgen. Vorzugsweise erscheint auf dem Bildschirm des mobilen Computersystems eine Textnachricht, dass die Analyse beendet ist (z.B.: "Analyse beendet").

25 Wurden in den in der Ruhephase empfangen/aufgezeichneten Daten mit Hilfe des verwendeten Algorithmus keine Indizien für Vorhofflimmern erkannt, kann dem Nutzer beispielsweise eine Mitteilung auf dem Computerdisplay angezeigt werden, dass alles okay ist. Grafische Elemente wie die Farbe "grün" oder ein erhobener Daumen können die Mitteilung grafisch ausdrücken oder eine Text- oder Sprachnachricht optisch ergänzen.

Wurden in den in der Ruhephase empfangen/aufgezeichneten Daten mit Hilfe des verwendeten Algorithmus Indizien für Vorhofflimmern erkannt, wird dem Nutzer eine Mitteilung übermittelt, dass es einen Verdacht auf das Vorliegen von Vorhofflimmern gibt und dass er sich zur weiteren Klärung mit einem Kardiologen in Verbindungen setzen sollte.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden drei Fälle (Risk Level 0, 1 und 2) unterschieden (siehe hierzu auch T. Duning et al.: *Extended Electrocardiographic Poincare Analysis (EPA) for Better Identification of Patients with Paroxysmal Atrial Fibrillation*, J. Clinic Experiment Cardiol 2011, Vol. 2, Issue 2, <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9880.1000123>).

Risk Level 0: Sinus Rhythmus: alles in Ordnung

Risk Level 1: Erhöhte R-R-Abstandsdynamik: bestehendes Risiko von paroxysmalem Vorhofflimmern

Risk Level 2: Eindeutige Anzeichen von Vorhofflimmern

Für Risk Level 1 und 2 wird empfohlen, einen Kardiologen aufzusuchen.

Die Herzfrequenzdaten, die während der Ruhephase aufgezeichnet wurden und einen Verdacht auf Vorhofflimmern begründen, werden vorzugsweise so aufbereitet, dass der Nutzer sie einem Kardiologen übermitteln kann. Es ist zum Beispiel denkbar, dass eine Datei erzeugt wird, die als Anhang an eine E-Mail elektronisch übermittelt werden kann.

Eine solche Datei kann beispielsweise Daten, die den Herzschlag repräsentieren, als Funktion der Zeit enthalten.

Es ist auch denkbar, dass die Daten, die von dem Herzfrequenz-Sensor übermittelt werden, kontinuierlich aufgezeichnet und auf dem mobilen Computersystem gespeichert werden. Es ist denkbar, dass aus den gespeicherten Daten eine Datei erzeugt wird, die vorzugsweise nur die Daten der Ruhephase enthält.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert, ohne die Erfindung auf die in den Figuren gezeigten Merkmale und/oder Merkmalskombinationen beschränken zu wollen.

Es zeigen:

Figur 1 zeigt schematisch eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems.

Figur 2 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems.

5

Figur 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bzw. der Schritte, die das erfindungsgemäße Computerprogramm ausführt, in Form eines Ablaufdiagramms.

10 Figur 4 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bzw. der Schritte, die das erfindungsgemäße Computerprogramm ausführt, in Form eines Ablaufdiagramms.

15 Figur 5 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bzw. der Schritte, die das erfindungsgemäße Computerprogramm ausführt, in Form eines Ablaufdiagramms.

In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform umfasst das System zwei separate Geräte, eine Sensoreinheit (10) und eine Auswerteeinheit (20). Die Sensoreinheit (10) umfasst
20 einen Herzfrequenz-Sensor (12) zur Erfassung von Messwerten, eine Sendeeinheit (13), mit der die Messwerte an die Auswerteeinheit (20) übertragen werden können, und eine Steuereinheit (11) zur Steuerung der Messwerterfassung und Übermittlung von Daten.

Die Auswerteeinheit (20) umfasst eine Empfangseinheit (24) zum Empfang von
25 Messwerten von der Sensoreinheit (10) und eine Analyseeinheit (25) zur Analyse der Messwerte. Die Auswerteeinheit (20) umfasst ferner eine Sendeeinheit (23) zur Übermittlung von Daten und eine Steuereinheit (21) zur Steuerung des Empfangs von Messwerten über die Empfangseinheit (24), zur Steuerung der Übermittlung von Daten mittels der Sendeeinheit (23) und zur Steuerung der Komponenten der Auswerteeinheit (20)
30 und der Datenflüsse und Signalflüsse zwischen diesen Komponenten. Die Auswerteeinheit (20) umfasst ferner eine Eingabe- und Ausgabeeinheit (26) zur Steuerung der Auswerteeinheit (20) durch einen Nutzer und/oder zur Kommunikation der Auswerteeinheit (20) mit einem Nutzer. Als Eingabemittel kommen beispielsweise eine Tastatur, ein Mikrofon, ein Touchscreen und dergleichen in Betracht; als Ausgabemittel sind

beispielsweise ein Bildschirm, ein Lautsprecher, ein Datenspeicher, ein Vibrationsalarm und dergleichen denkbar. Die Auswerteeinheit (20) umfasst einen Datenspeicher (27). Die Auswerteeinheit (20) umfasst optional einen oder mehrere Bewegungssensoren (27).

Die Sensoreinheit (10) wird von einem Menschen getragen. Dazu weist sie entsprechende Mittel (z.B. einen Tragegurt oder ein Armband) auf (in der Figur nicht gezeigt). Bei der Sensoreinheit (10) kann es sich z.B. um einen EKG Herzfrequenz-Sensor handeln, der beispielsweise als Brustgurt ausgeführt ist. Bei der Sensoreinheit (10) kann es sich z.B. auch um einen PPG Herzfrequenz-Sensor handeln, der als Armband ausgeführt ist.

Die Steuereinheit (11) der Sensoreinheit (10) ist so konfiguriert, dass sie den Herzfrequenz-Sensor (12) veranlasst (ggf. nach einer Aktivierung), fortwährend Messwerte zu erfassen, und die Sendeeinheit (13) veranlasst, die Messwerte über Funk (z.B. Bluetooth) an die Auswerteeinheit (20) zu versenden. Es ist denkbar, dass die Steuereinheit (11) konfiguriert ist, die von dem Herzfrequenz-Sensor (12) erzeugten Messwerte zu verarbeiten, bevor diese über die Sendeeinheit (13) an die Auswerteeinheit (20) übermittelt werden (z.B. Kalibrierung, Rauschunterdrückung, mathematische Transformation, Digitalisierung und dergleichen).

Die Auswerteeinheit (20) ist vorzugsweise als ein mobiles Computersystem (z.B. eine Smartwatch oder ein Smartphone) ausgeführt.

Die Steuereinheit (21) der Auswerteeinheit (20) ist so konfiguriert, dass sie die Empfangseinheit (24) veranlasst, Messwerte von der Sensoreinheit (10) zu empfangen. Die Steuereinheit (21) ist ferner so konfiguriert, dass sie die empfangenen Messwerte der Analyseeinheit (25) zuführt und die Analyseeinheit (25) veranlasst, die Messwerte auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren.

Liegen solche Indizien vor, veranlasst die Steuereinheit (21) die Ausgabereinheit, ein Signal an den Nutzer zu übermitteln, das den Nutzer auffordert, eine Ruhephase einzulegen.

Sobald der Nutzer die Ruhephase eingelegt hat, veranlasst die Steuereinheit (21)

- die Empfangseinheit (24) Messwerte von der Sensoreinheit (10) zu empfangen,
- den Datenspeicher (27) die Messwerte zu speichern,
- die Analyseeinheit (25) die Messwerte auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren,

- die Ausgabeeinheit dem Menschen eine Mitteilung über das Vorliegen oder Nicht-Vorliegen von solchen Indizien zu übermitteln. Die Übermittlung kann beispielsweise über eine Textnachricht auf einem Bildschirm erfolgen.

- 5 Die Steuereinheit (21) der Auswerteeinheit (20) erkennt die eingelegte Ruhephase dadurch, dass
- der Nutzer das Einlegen der Ruhephase durch eine Eingabe über die Eingabeeinheit bestätigt, und/oder
 - der eine oder die mehreren Bewegungssensoren (28) anzeigen, dass sich der Nutzer in
 - 10 Ruhe befindet, und/oder
 - die aus den Messwerten mit Hilfe der Analyseeinheit (25) ermittelte Herzfrequenz unter einen definierten Schwellenwert gesunken ist.

Die in Figur 2 gezeigte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems umfasst ein

15 einziges Gerät: eine kombinierte Sensor- und Auswerteeinheit (30). Die kombinierte Sensor- und Auswerteeinheit (30) weist einen Herzfrequenz-Sensor (32), eine Steuereinheit (31), eine Analyseeinheit (35), eine Eingabe- und Ausgabeeinheit (36), einen Datenspeicher (37) und optional einen oder mehrere Bewegungssensoren (38) auf. Die kombinierte Sensor- und Auswerteeinheit (30) ist über ein Netzwerk (dargestellt durch die

20 gestrichelte Linie, zum Beispiel ein Mobilfunknetz und/oder das Internet) mit weiteren Computersystemen (dargestellt durch eine Cloud 50) verbunden.

Der Herzfrequenz-Sensor (32) erfasst Messwerte zur Herzfrequenz eines Menschen, während dieser sportlich aktiv ist. Die Analyseeinheit (35) analysiert die Messwerte auf

25 das Vorliegen von Indizien für Vorhofflimmern. Werden solche Indizien gefunden, wird dem Menschen mittels der Ausgabeeinheit ein Signal übermittelt, das ihn zum Einlegen einer Ruhephase auffordert. Hat er die Ruhephase eingelegt, werden erneut Messwerte zur Herzfrequenz empfangen und analysiert. Das Ergebnis der Analyse wird dem Menschen über die Ausgabeeinheit angezeigt. Die während der Ruhephase empfangenen Daten

30 werden ferner in dem Datenspeicher (37) gespeichert. Bei Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern wird eine Datei erzeugt, die die Herzfrequenz als Funktion der Zeit enthält. Diese kann über das Netzwerk z.B. an einen Arzt übermittelt werden.

In Figur 3 ist ein typischer Ablauf (100) dargestellt, der sich bei der Ausübung der

35 Erfindung ergibt. Die ersten beiden Schritte (101, 102) werden von einem Menschen

durchgeführt. Die übrigen Schritte (103 bis 111) werden von einem mobilen Computersystem ausgeführt.

Zunächst legt sich der Mensch einen Herzfrequenz-Sensor am Körper an, der Messwerte zur Herzfrequenz erfassen und versenden kann (101). Dann startet der Mensch eine körperliche Aktivität (102). Die vom Herzfrequenz-Sensor versandten Daten zur Herzfrequenz werden von einem mobilen Computersystem empfangen (104). Es ist denkbar, dass die Daten bereits empfangen werden, bevor der Mensch die sportliche Aktivität begonnen hat; in dem Fall ist der Schritt 104 zwischen den Schritten 101 und 102 eingefügt. Dies ist beispielhaft im Ablauf von Figur 4 dargestellt. Die empfangenen Daten werden von dem mobilen Computersystem analysiert (105). Die Analyse erfolgt zur Ermittlung von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den empfangenen Daten. Im vorliegenden Fall wird angenommen, dass in den Daten Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern gefunden worden sind. Daher folgt der Schritt "Identifizieren von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den Daten" (106), der vom mobilen Computersystem ausgeführt wird. In Folge dieser positiven Ermittlung, wird dem Menschen vom mobilen Computersystem ein Signal übermittelt, dass er eine Ruhephase einlegen soll (107). In der Ruhephase empfängt das mobile Computersystem weitere Daten zur Herzfrequenz von dem Herzfrequenz-Sensor (109). Das mobile Computersystem analysiert diese Daten auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern (111). Das mobile Computersystem übermittelt das Ergebnis der Analyse dem Menschen (112).

In Figur 4 ist ein erweiterter Ablauf (200) dargestellt. Die Schritte 106 bis 111 wurden der Übersichtlichkeit halber ausgeblendet. Zwischen den Schritten 102 und 105 wurde ein neuer Schritt 103 eingefügt. Gemäß diesem Schritt 103 erkennt das mobile Computersystem, dass der Mensch eine sportliche Aktivität ausführt, zum Beispiel anhand der gesteigerten Bewegungen des Menschen und/oder anhand der gesteigerten Herzfrequenz. Der nachfolgende Schritt 105 erfolgt vorzugsweise automatisiert; initiiert durch das Erkennen der sportlichen Aktivität.

In Figur 5 ist ein erweiterter Ablauf (300) dargestellt. Die Schritte 102 bis 106 (bzw. 104 bis 106) wurden der Übersichtlichkeit halber ausgeblendet. Zwischen den Schritten 107 und 109 wurde ein neuer Schritt 108 eingefügt. Gemäß diesem Schritt 108 erkennt das mobile Computersystem, dass der Mensch eine Ruhephase eingelegt hat, zum Beispiel anhand der reduzierten Bewegungen des Menschen und/oder anhand der gesunkenen

Herzfrequenz. Die nachfolgenden Schritte 109 und/oder 111 erfolgen vorzugsweise automatisiert; initiiert durch das Erkennen der Ruhephase.

5 In Figur 6 ist ein erweiterter Ablauf (400) dargestellt. Die Schritte 102 bis 108 (bzw. 104 bis 108) wurden der Übersichtlichkeit halber ausgeblendet. Zwischen den Schritten 100 und 111 wurde ein neuer Schritt 110 eingefügt. Gemäß diesem Schritt 110 werden die in der Ruhephase empfangenen Daten zur Herzfrequenz von dem mobilen Computersystem in einem Datenspeicher gespeichert (Aufzeichnung der Daten).

10 In Figur 7 ist ein erweiterter und modifizierter Ablauf (500) dargestellt. Die Schritte 101 bis 111 (bzw. 104 bis 111) wurden der Übersichtlichkeit halber ausgeblendet. In diesem Fall wird angenommen, dass in den Herzfrequenzdaten während der Ruhephase Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern gefunden worden sind. Dementsprechend erfolgt eine Mitteilung an den Menschen, dass entsprechende Indizien vorliegen (112a). Es ist ein
15 weiterer Schritt 113 aufgenommen worden: es wird vom mobilen Computersystem eine Datei erzeugt, die die Herzfrequenzdaten mit den Anzeichen auf das Vorliegen von Vorhofflimmern enthalten. Es ist ein weiterer Schritt 114 aufgenommen worden: die Datei wird über ein Netzwerk an ein anderes Computersystem übermittelt (114), z.B. an ein Computersystem, auf das ein Arzt Zugriff hat. Die Schritte 113 und/oder 114 können auch
20 an die in den Figuren 3 bis 6 gezeigten Abläufe angehängt sein.

Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind:

1. Ein Verfahren zur Erkennung von Herzrhythmus-Störungen bei einem sportlich aktiven Menschen, der einen tragbaren Herzfrequenz-Sensor trägt, umfassend die Schritte

- 25
- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor mittels eines tragbaren Computersystems über eine Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist
 - Analysieren der Daten zur Herzfrequenz
 - Ermitteln von Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung

30

 - Übermitteln eines Signals an den Menschen zur Einhaltung einer Ruhephase
 - Aufzeichnen von während der Ruhephase übermittelten Daten zur Herzfrequenz
 - Analysieren der aufgezeichneten Daten
 - Ermitteln von Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung in den aufgezeichneten Daten

- Übermitteln einer Mitteilung über die Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung an den Menschen.
2. Das Verfahren gemäß Ausführungsform 1, wobei es sich bei dem Herzfrequenz-Sensor um einen einpoligen EKG Herzfrequenz-Sensor mit zwei Elektroden handelt.
- 5 3. Das Verfahren gemäß Ausführungsform 1, wobei es sich bei dem Herzfrequenz-Sensor um einen PPG Herzfrequenz-Sensor handelt.
4. Das Verfahren gemäß einer der Ausführungsformen 1 bis 3, wobei der Mensch den Herzfrequenz-Sensor zur Überwachung der sportlichen Aktivität einsetzt, insbesondere, um seine körperliche Aktivität an einen optimalen Trainingspuls zur Fettverbrennung, Ausdauersteigerung oder Verbesserung des Herz-Kreislauf-Systems anzupassen.
- 10 5. Das Verfahren gemäß einer der Ausführungsformen 1 bis 4, wobei die sportliche Aktivität des Menschen durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist:
- Energieverbrauch über 3 MET, bevorzugt größer oder gleich 4 MET, und/oder
 - Zeitspanne körperlicher Aktivität von mindestens 30 Minuten, und/oder
 - 15 • Herzfrequenz oberhalb von 50% des Maximalpulses, bevorzugt oberhalb von 55% des Maximalpulses.
6. Ein System umfassend
- einen tragbaren Herzfrequenz-Sensor und
 - ein mobiles Computersystem,
- 20 wobei das mobile Computersystem so konfiguriert ist, dass es während einer Zeitspanne, in der ein Mensch sportlich aktiv ist, Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem tragbaren Herzfrequenz-Sensor empfängt, diese Daten auf Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung analysiert, bei Erkennen solcher Indizien dem Menschen ein Signal zur Einhaltung einer Ruhephase übermittelt, während der
- 25 Ruhephase Daten zur Herzfrequenz des Menschen empfängt und speichert, die gespeicherten Daten auf das Vorliegen von Indizien für eine Herzrhythmusstörung analysiert und bei Vorliegen von solchen Indizien dem Menschen eine Mitteilung über das Vorliegen von solchen Indizien übermittelt.
7. Das System gemäß Ausführungsform 6, wobei es sich bei dem Herzfrequenz-Sensor um einen einpoligen EKG Herzfrequenz-Sensor mit zwei Elektroden und bei dem mobilen Computersystem um ein Smartphone oder eine Smartwatch handelt.
- 30

8. Das System gemäß Ausführungsform 6, wobei es sich bei dem Herzfrequenz-Sensor um einen PPG Herzfrequenz-Sensor und bei dem mobilen Computersystem um ein Smartphone oder eine Smartwatch handelt.

9. Das System gemäß Ausführungsform 6, wobei der Herzfrequenz-Sensor und das mobile
5 Computersystem Bestandteile eines einzigen Gerätes sind, das als Smartwatch ausgeführt ist.

10. Ein Computerprogrammprodukt umfassend einen Datenträger, auf dem ein Computerprogramm gespeichert ist, das in den Arbeitsspeicher eines mobilen Computersystems geladen werden kann und dort das Computersystem dazu veranlasst,
10 folgende Schritte ausführen:

- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz eines Menschen, der einen tragbaren Herzfrequenz-Sensor trägt, von dem Herzfrequenz-Sensor über eine Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist
- Analysieren der Daten zur Herzfrequenz
- 15 - Ermitteln von Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung
- Übermitteln eines Signals an den Menschen zur Einhaltung einer Ruhephase
- Aufzeichnen von während der Ruhephase übermittelten Daten zur Herzfrequenz
- Analysieren der aufgezeichneten Daten
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Herzrhythmusstörung in den
20 aufgezeichneten Daten
- Übermitteln einer Mitteilung über die Indizien für das Vorliegen einer Herzrhythmusstörung an den Menschen.

11. Das Computerprogrammprodukt gemäß Ausführungsform 10, das für die Verwendung auf einem mobilen Computersystem, vorzugsweise auf einem Smartphone und/oder einer
25 Smartwatch hergerichtet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Vorhofflimmern bei einem sportlich aktiven Menschen, der einen tragbaren Herzfrequenz-Sensor trägt, umfassend die Schritte

- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor mittels eines mobilen Computersystems in einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist
- Analysieren der Daten zur Herzfrequenz
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den Daten
- Übermitteln eines Signals an den Menschen zum Einlegen einer Ruhephase
- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor während der Ruhephase
- Analysieren der während der Ruhephase empfangenen Daten
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den während der Ruhephase empfangenen Daten
- Übermitteln einer Mitteilung über das Vorliegen oder nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern an den Menschen.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, ferner umfassend die Schritte

- Erzeugen einer Datei mit Daten zur Herzfrequenz, die Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zeigen
- Speichern der Datei in einem Datenspeicher und/oder Übermitteln der Datei an einen Arzt.

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Schritt

- Analysieren der Daten zur Herzfrequenz

automatisiert als Hintergrundprozess auf dem mobilen Computersystem abläuft.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Analyse automatisch startet, wenn der Mensch sportlich aktiv ist.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Schritte

- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor während der Ruhephase
 - und
 - Analysieren der während der Ruhephase empfangenen Daten
- 5 automatisch starten, wenn sich der Mensch in der Ruhephase befindet.
6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei es sich bei dem Herzfrequenz-Sensor um einen einpoligen EKG Herzfrequenz-Sensor mit zwei Elektroden handelt.
7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei es sich bei dem Herzfrequenz-Sensor um einen PPG Herzfrequenz-Sensor handelt.
- 10 8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Mensch den Herzfrequenz-Sensor zur Überwachung der sportlichen Aktivität einsetzt, insbesondere, um seine körperliche Aktivität an einen optimalen Trainingspuls zur Fettverbrennung, Ausdauersteigerung oder Verbesserung des Herz-Kreislauf-Systems anzupassen.
9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die sportliche Aktivität des
- 15 Menschen durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist:
- Energieverbrauch über 3 MET, bevorzugt größer oder gleich 4 MET, und/oder
 - Zeitspanne körperlicher Aktivität von mindestens 30 Minuten, und/oder
 - Herzfrequenz oberhalb von 50% des Maximalpulses, bevorzugt oberhalb von 55% des Maximalpulses.
- 20 10. System umfassend
- ein mobiles Computersystem,
- wobei das mobile Computersystem konfiguriert ist,
- Daten zur Herzfrequenz eines Menschen von einem Herzfrequenz-Sensor während
 - 25 einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist, zu empfangen,
 - die Daten auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren
 - bei Erkennen solcher Indizien dem Menschen ein Signal zur Einhaltung einer Ruhephase zu übermitteln

- während der Ruhephase weitere Daten zur Herzfrequenz des Menschen zu empfangen
- die während der Ruhephase empfangenen Daten auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren
- 5 - dem Menschen eine Mitteilung über das Vorliegen oder Nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu übermitteln.

11. System gemäß Anspruch 10, ferner umfassend

- einen Herzfrequenz-Sensor, der vorzugsweise als einpoliger EKG Herzfrequenz-Sensor
10 mit zwei Elektroden oder als PPG Herzfrequenz-Sensor ausgeführt ist.

12. System gemäß einem der Ansprüche 10 oder 11, wobei das mobile Computersystem ein Smartphone oder eine Smartwatch ist.

- 13. System gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei der Herzfrequenz-Sensor und das mobile Computersystem Bestandteile eines einzigen Gerätes sind, das als Smartwatch
15 ausgeführt ist.

14. System gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, umfassend

- eine Sensoreinheit, und
- eine Auswerteeinheit

wobei die Sensoreinheit umfasst:

- 20 - einen Herzfrequenz-Sensor zur Erfassung von Messwerten
- eine Sendeeinheit, zur Übertragung der Messwerte an die Auswerteeinheit, und
- eine Steuereinheit zur Steuerung der Messwernerfassung und Übermittlung von Daten,

25 wobei die Auswerteeinheit umfasst:

- eine Empfangseinheit zum Empfang von Messwerten von der Sensoreinheit
- eine Analyseeinheit zur Analyse der Messwerte
- eine Sendeeinheit zur Übermittlung von Daten

- eine Steuereinheit zur Steuerung des Empfangs von Messwerten über die Empfangseinheit, zur Steuerung der Übermittlung von Daten mittels der Sendeeinheit und zur Steuerung der Komponenten der Auswertereinheit und der Datenflüsse und Signalflüsse zwischen diesen Komponenten
- 5 - eine Eingabe- und Ausgabeeinheit zur Steuerung der Auswertereinheit durch einen Nutzer und/oder zur Kommunikation der Auswertereinheit mit einem Nutzer
- einen Datenspeicher
- optional einen oder mehrere Bewegungssensoren
- 10 wobei die Steuereinheit der Sensoreinheit konfiguriert ist,
 - den Herzfrequenz-Sensor zu veranlassen fortwährend Messwerte zu erfassen, und
 - die Sendeeinheit zu veranlassen, die Messwerte über Funk an die Auswertereinheit zu versenden
- 15 wobei die Steuereinheit der Auswertereinheit konfiguriert ist,
 - die Empfangseinheit zu veranlassen, Messwerte von der Sensoreinheit zu empfangen
 - die Analyseneinheit zu veranlassen, die Messwerte auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren
- 20 - im Fall des Vorliegens solcher Indizien:
 - die Ausgabeeinheit zu veranlassen, ein Signal an den Nutzer zu übermitteln, das den Nutzer auffordert, eine Ruhephase einzulegen
 - während der Ruhephase die Empfangseinheit zu veranlassen Messwerte von der Sensoreinheit zu empfangen
 - 25 ○ den Datenspeicher zu veranlassen die während der Ruhephase empfangenen Messwerte zu speichern
 - die Analyseneinheit zu veranlassen die während der Ruhephase empfangenen Messwerte auf Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu analysieren
 - 30 ○ die Ausgabeeinheit zu veranlassen dem Nutzer eine Mitteilung über das Vorliegen oder Nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern zu übermitteln.

15. Computerprogrammprodukt umfassend einen Datenträger, auf dem ein Computerprogramm gespeichert ist, das in den Arbeitsspeicher eines mobilen Computersystems geladen werden kann und dort das Computersystem dazu veranlasst, folgende Schritte ausführen:

- 5 - Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von einem Herzfrequenz-Sensor mittels des mobilen Computersystems in einer Zeitspanne, in der der Mensch sportlich aktiv ist
- Analysieren der Daten zur Herzfrequenz
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den Daten
- 10 - Übermitteln eines Signals an den Menschen zum Einlegen einer Ruhephase
- Empfangen von Daten zur Herzfrequenz des Menschen von dem Herzfrequenz-Sensor während der Ruhephase
- Analysieren der während der Ruhephase empfangenen Daten
- Ermitteln von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern in den während der
- 15 Ruhephase empfangenen Daten
- Übermitteln einer Mitteilung über das Vorliegen oder nicht-Vorliegen von Indizien für das Vorliegen von Vorhofflimmern an den Menschen.

Figures

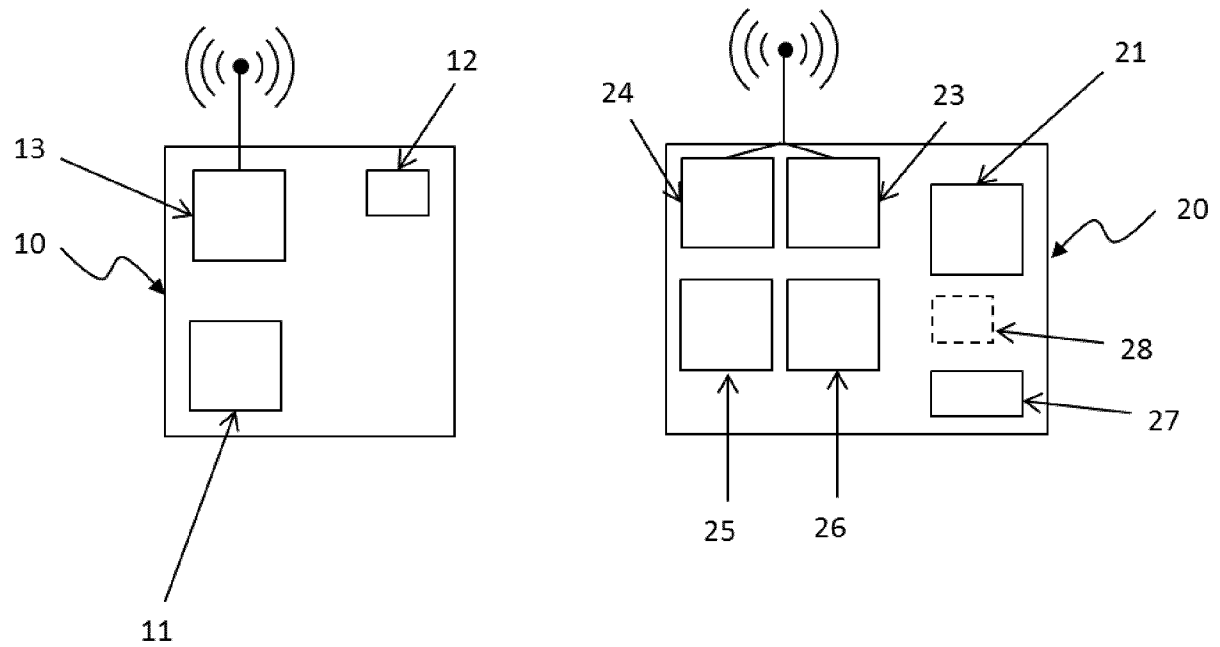


Fig. 1

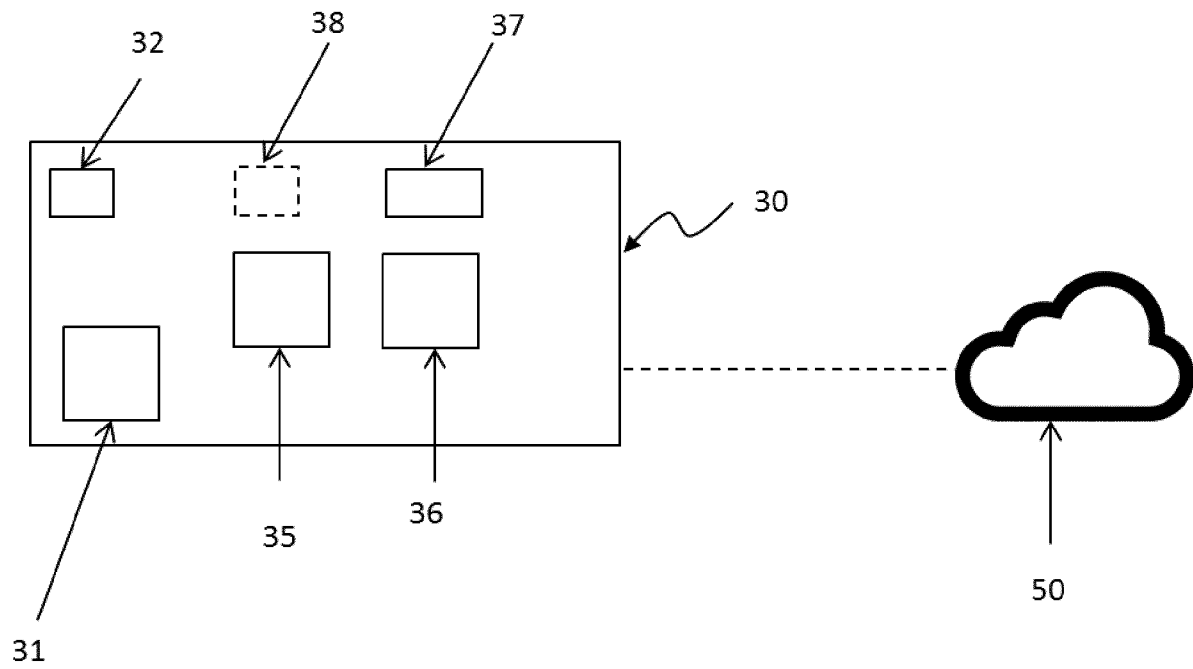
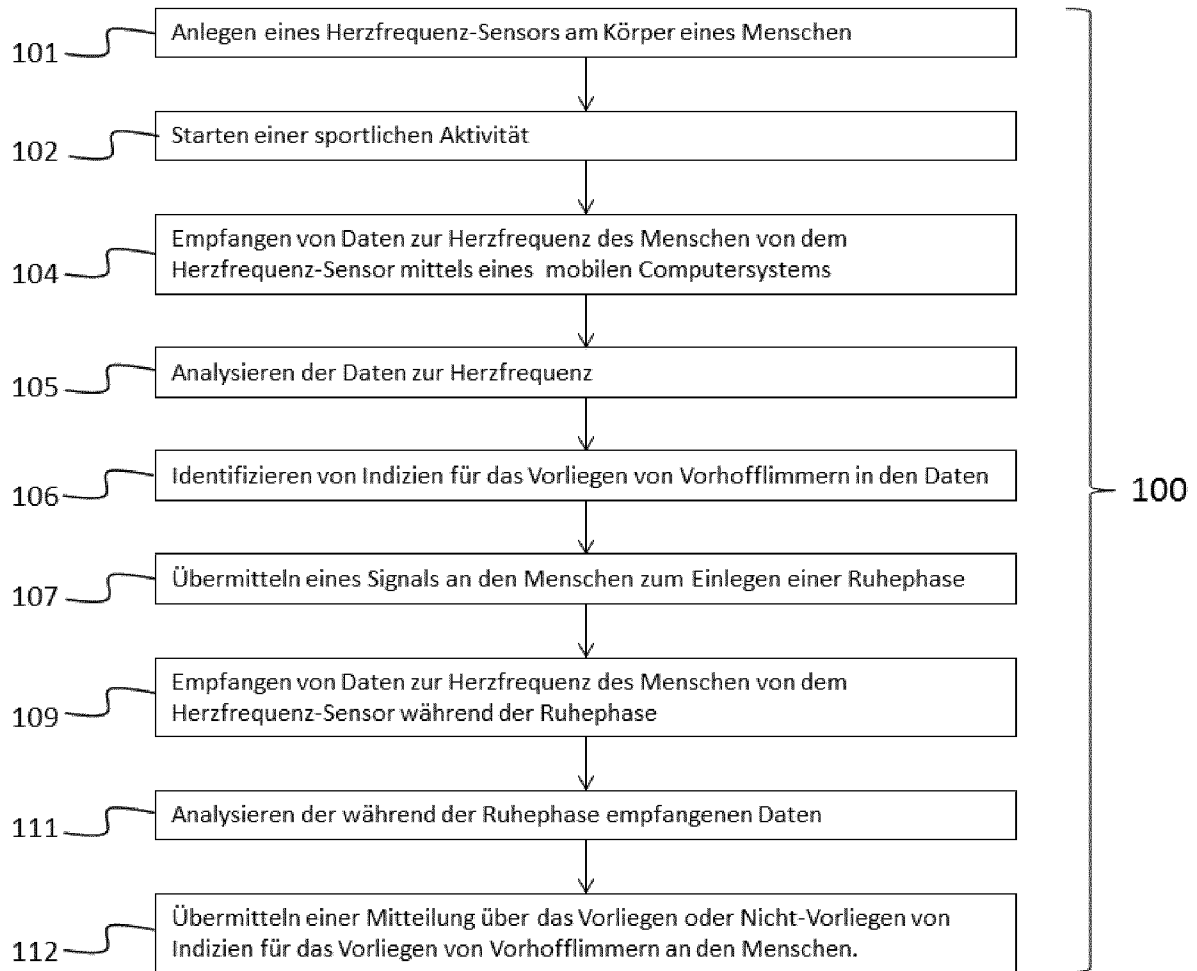
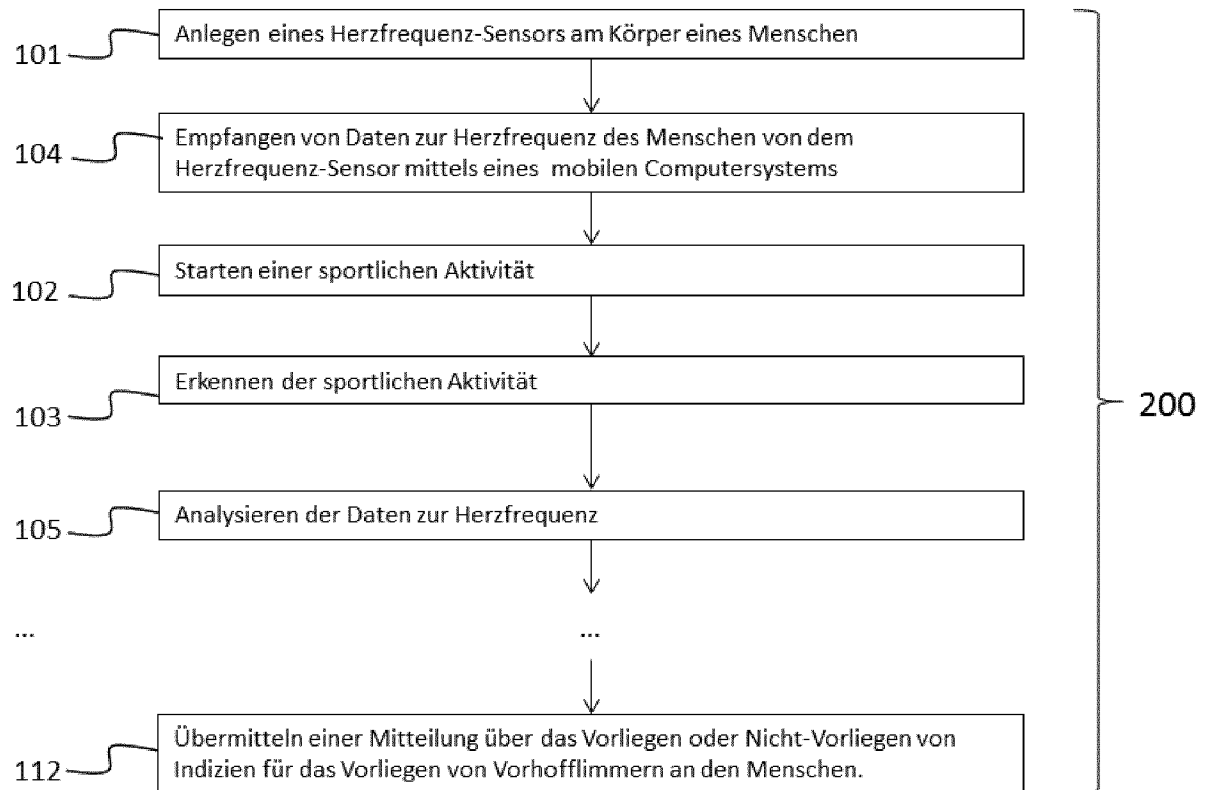
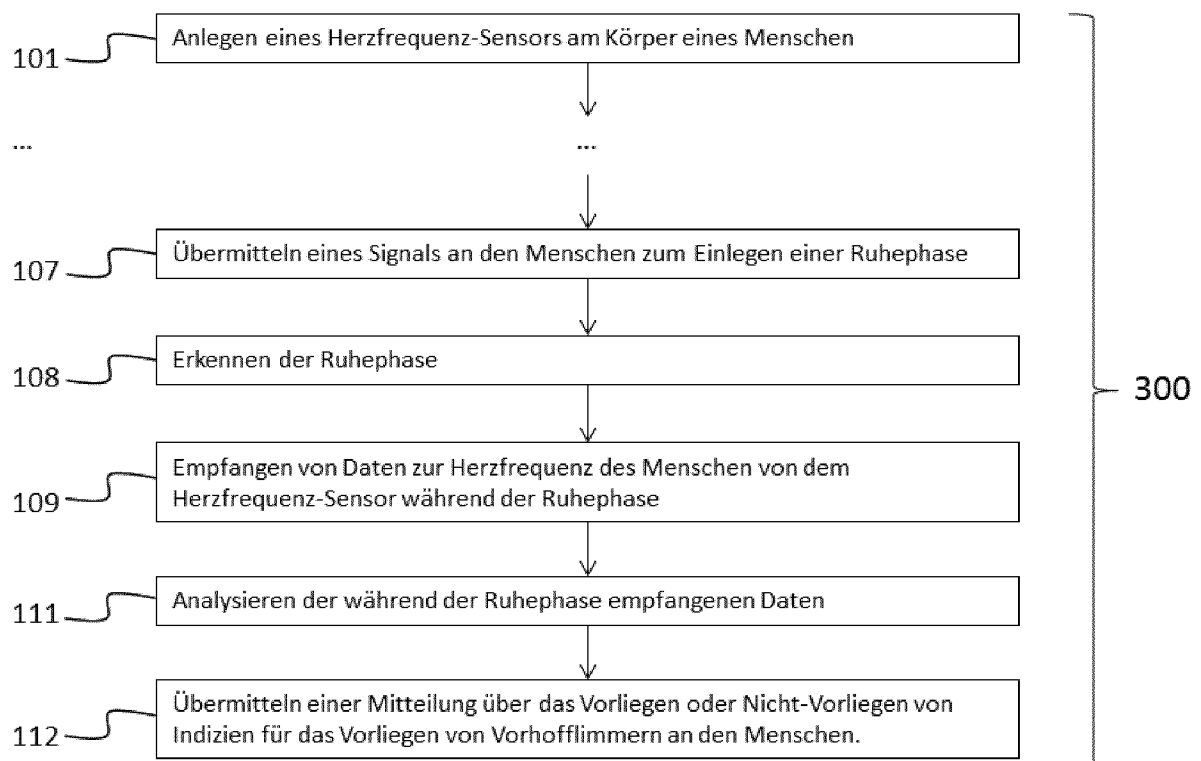
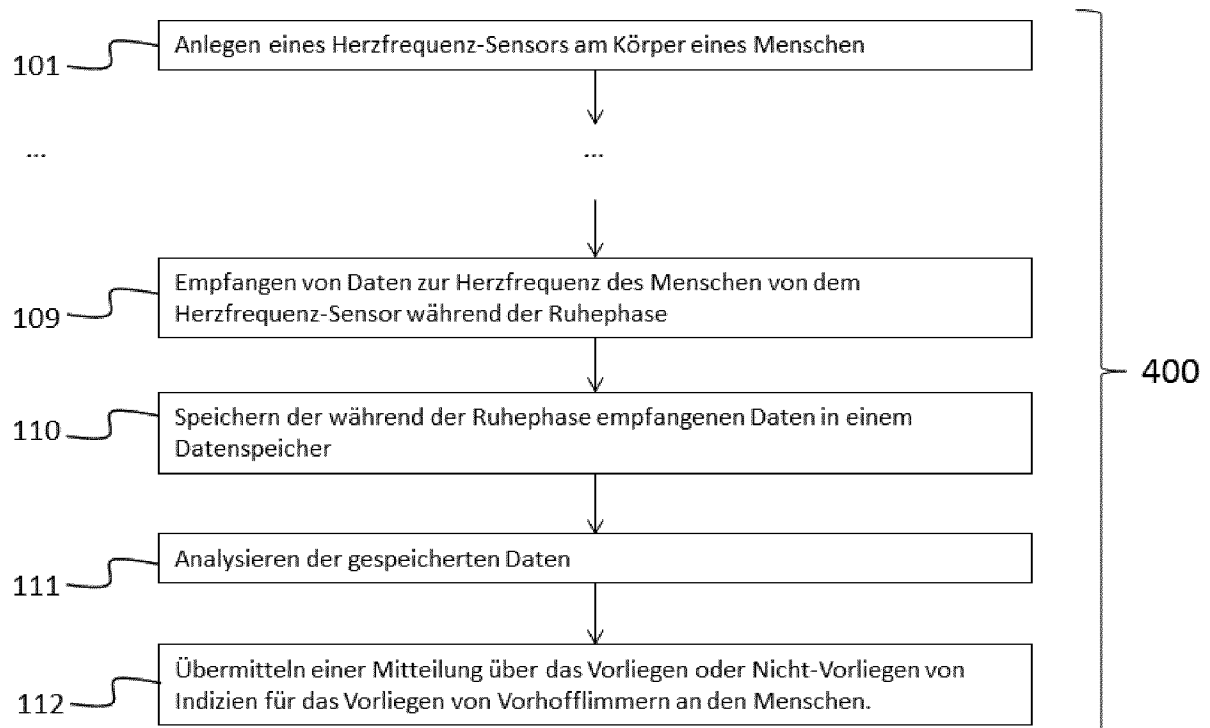
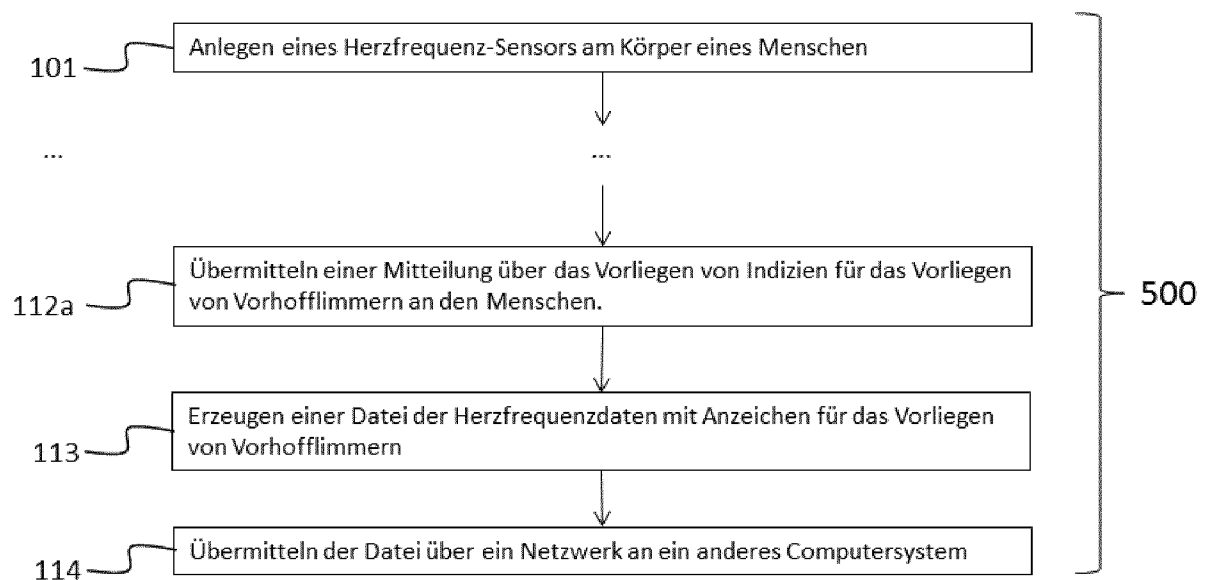


Fig. 2

**Fig. 3**

**Fig. 4****Fig. 5**

**Fig. 6****Fig. 7**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/061007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B5/024 A61B5/0245 A61B5/046 A61B5/0464 A61B5/0468
A61B5/0472 A61B5/00

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016/367202 A1 (CARTER ABRAHAM [US] ET AL) 22 December 2016 (2016-12-22) paragraph [0031] paragraph [0047] - paragraph [0049] paragraph [0083] paragraph [0096] - paragraph [0102] paragraph [0115] paragraph [0136] figure 3	1-15
X	----- CN 103 932 696 A (ZHAO XIAOYING; WANG HAOTIAN) 23 July 2014 (2014-07-23) paragraph [0021] paragraph [0027] paragraph [0040] - paragraph [0051] paragraph [0057] paragraph [0067] ----- -/-	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 June 2018

Date of mailing of the international search report

09/07/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gooding Arango, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/061007

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/281816 A1 (STRAUSS BENJAMIN JORDAN [US] ET AL) 24 October 2013 (2013-10-24) paragraph [0012] paragraph [0047] paragraph [0060] paragraph [0078] figures 23A, 23B, 23E -----	1-15
X	US 2015/005653 A1 (MICHAELIS PAUL ROLLER [US] ET AL) 1 January 2015 (2015-01-01) paragraph [0031] - paragraph [0032] paragraph [0042] paragraph [0052] - paragraph [0056] -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/061007

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016367202 A1	22-12-2016	US 2016367202 A1 WO 2016186724 A1	22-12-2016 24-11-2016

CN 103932696 A	23-07-2014	NONE	

US 2013281816 A1	24-10-2013	US 2013281816 A1 WO 2013163336 A1	24-10-2013 31-10-2013

US 2015005653 A1	01-01-2015	DE 102014108887 A1 US 2015005653 A1	31-12-2014 01-01-2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	A61B5/024 A61B5/0472	A61B5/0245 A61B5/00
	A61B5/046	A61B5/0464 A61B5/0468
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) A61B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2016/367202 A1 (CARTER ABRAHAM [US] ET AL) 22. Dezember 2016 (2016-12-22) Absatz [0031] Absatz [0047] - Absatz [0049] Absatz [0083] Absatz [0096] - Absatz [0102] Absatz [0115] Absatz [0136] Abbildung 3	1-15
X	----- CN 103 932 696 A (ZHAO XIAOYING; WANG HAOTIAN) 23. Juli 2014 (2014-07-23) Absatz [0021] Absatz [0027] Absatz [0040] - Absatz [0051] Absatz [0057] Absatz [0067] ----- -/-	1-15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 27. Juni 2018		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 09/07/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Gooding Arango, J

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/281816 A1 (STRAUSS BENJAMIN JORDAN [US] ET AL) 24. Oktober 2013 (2013-10-24) Absatz [0012] Absatz [0047] Absatz [0060] Absatz [0078] Abbildungen 23A, 23B, 23E -----	1-15
X	US 2015/005653 A1 (MICHAELIS PAUL ROLLER [US] ET AL) 1. Januar 2015 (2015-01-01) Absatz [0031] - Absatz [0032] Absatz [0042] Absatz [0052] - Absatz [0056] -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/061007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2016367202 A1	22-12-2016	US 2016367202 A1	22-12-2016
		WO 2016186724 A1	24-11-2016

CN 103932696 A	23-07-2014	KEINE	

US 2013281816 A1	24-10-2013	US 2013281816 A1	24-10-2013
		WO 2013163336 A1	31-10-2013

US 2015005653 A1	01-01-2015	DE 102014108887 A1	31-12-2014
		US 2015005653 A1	01-01-2015
