

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 570/2015  
(22) Anmeldetag: 28.08.2015  
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2016

(51) Int. Cl.: **A61B 5/0452** (2006.01)  
**A61B 5/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2006024088 A1  
WO 2010085762 A1  
WO 0207593 A1  
WO 2014149653 A1

(73) Patentinhaber:  
HUMAN RESEARCH INSTITUT FÜR  
GESUNDHEITSTECHNOLOGIE UND  
PRÄVENTIONSFORSCHUNG GMBH  
8160 WEIZ (AT)  
Joysys GmbH  
8160 Weiz (AT)

(74) Vertreter:  
Gibler & Poth Patentanwälte KG  
WIEN (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung wenigstens einer Herzbelastungsdauer und/oder einer Herzerholungsdauer aus einem Herzschlagsignal**

(57) Bei einem Verfahren zur, insbesondere fortlaufenden, Ermittlung wenigstens einer Herzbelastungsdauer und/oder einer Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise eines Herzbelastungsquotienten und/oder eines Herzerholungsquotienten, aus einem Herzschlagsignal, insbesondere einem Elektrokardiogramm (3) und/oder Magnetokardiogramm und/oder Impedanzkardiogramm und/oder Ballistokardiogramm und/oder Seismokardiogramm und/oder Phonokardiogramm, wird vorgeschlagen, dass an einem menschlichen oder tierischen Probanden das Herzschlagsignal aufgenommen wird, wobei nachfolgend aus dem Herzschlagsignal als Herzbelastungsdauer wenigstens eine Atriale-Kontraktionsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Kontraktionsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Kontraktionsdauer ermittelt wird und/oder als Herzerholungsdauer eine Atriale-Dilatationsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Dilatationsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Dilatationsdauer ermittelt wird.

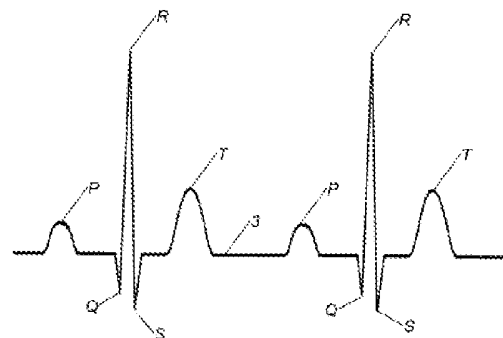


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung wenigstens einer Herzbelastungsdauer und/oder einer Herzerholungsdauer aus einem Herzschlagsignal gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

**[0002]** Es ist bekannt die Aktivitäten des Herzens eines Probanden mittels eines sog. EKGs, daher eines Elektrokardiogramms, zu beobachten bzw. zu überwachen. Die derart ermittelten Kurven der Herztätigkeit werden in der Regel lediglich visuell durch einen Arzt bewertet.

**[0003]** Wenngleich das EKG die am weitesten verbreitete Methode zur Ermittlung eines Herzschlagsignales ist, sind auch andere Verfahren bekannt bzw. finden Verwendung.

**[0004]** Es hat sich gezeigt, dass aus einem Herzschlagsignal eines Probanden erheblich mehr Informationen gewonnen werden könnten, welche der Diagnosestellung eines Mediziners hilfreich sein können, als dies bislang der Fall ist. Insbesondere haben sich die herkömmlichen EKG-Geräte als nicht geeignet erwiesen, diese Informationen bereit zu stellen. Dadurch werden einem Arzt nur ein Bruchteil der an sich möglichen Informationen über den Zustand des Probanden zugänglich gemacht. Dadurch stellt dieser eine Diagnose, welche auf einer mangelhaften Anamnese beruht. Dadurch wird die Erstellung einer zutreffenden Diagnose erschwert bzw. verhindert, was wiederum eine mangelhafte Therapie bzw. Behandlung des betreffenden Probanden zur Folge haben kann. Dies hat negative Auswirkungen auf den Probanden. Zudem stellt eine falsche bzw. unnötige Behandlung eine vermeidbare Belastung des Gesundheitssystems dar.

**[0005]** So kann etwa die Durchblutung des Herzens derzeit aus einem Herzschlagsignal, insbesondere einem EKG-Signal, nur unvollständig und nur in Extremsituationen, wie etwa bei einer Veränderung der Reizleitung durch Sauerstoffmangel im Zuge eines Myocardinfarktes, erfasst werden.

**[0006]** Die Erfassung der Durchblutung mittels Ultraschallverfahren und -geräten, weist erhebliche Nachteile auf. Die entsprechenden Gerätschaften sind komplex, kostenintensiv, schwer und voluminös, was einem mobilen Einsatz weitestgehend im Wege steht. Zudem stellt eine Ultraschalluntersuchung eine höhere Belastung für das Herz eines Probanden dar, als die Erstellung eines Herzschlagsignals, beispielsweise mittels EKG.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, mit welchem die Anamnese eines Arztes verbessert werden kann, und mit welchem unnötige Therapien eines Probanden vermieden werden können.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

**[0009]** Dadurch kann eine bessere Anamnese und Diagnose eines Probanden erfolgen. Dadurch kann gegebenenfalls eine Therapie besser auf die tatsächlichen Bedürfnisse eines Probanden bzw. Patienten abgestimmt werden. Dadurch können Fehleinschätzungen vermieden werden, wie diese aufgrund mangelhafter Messergebnisse erfolgten. Dadurch kann der Zustand eines Probanden erheblich genauer festgestellt werden, als dies bislang der Fall war. Dadurch kann eine besser auf den tatsächlichen Zustand des Probanden abgestimmte Therapie entwickelt und durchgeführt werden, sofern eine solche notwendig erscheint, und im Gegenzug können dadurch unnötige Therapien eines Probanden vermieden werden. Dadurch können einfach und genau zusätzliche Informationen aus einem aufgenommenen Herzschlagsignal ermittelt werden, wie etwa Informationen bzw. Werte zum: Durchblutungszustand, der Dauer der Systole, der Dauer der Diastole, der unterschiedlichen Belastung des Herzens bei Tag und Nacht, der unterschiedlichen Erholung des Herzens bei Tag und Nacht. Die entsprechenden Werte bzw. Informationen können dabei einfach im Zuge einer 24h-Aufnahme eines Herzschlagsignals ermittelt werden, wobei für den Probanden keine zusätzliche Belastung besteht, wie diese etwa bei einer Ultraschalluntersuchung der Fall wäre, welche zudem nicht über 24 Stunden erfolgen kann.

**[0010]** Dadurch kann weiters der Durchblutungszustand bei jedem Herzschlag erneut ermittelt werden. Weiters hat sich gezeigt, dass zahlreiche Medikamente zu einer Verlängerung der ventrikulären Kontraktionsdauer führen. Dies kann zu einer Stoffwechsellage mit der Neigung zur Fibrillation und zum Herzstillstand führen. Durch das gegenständliche Verfahren kann eine derartige Verlängerung der ventrikulären Kontraktionsdauer einfach festgestellt werden.

**[0011]** Mittels des gegenständlichen Verfahrens kann ein jeweils aktueller bzw. situationsbezogener Erholungszustand des Herzens ermittelt werden. Insbesondere bei körperlich anspruchsvollen Tätigkeiten, wie diesen etwa Feuerwehrleute, Stahlarbeiter, ausgesetzt sind, kann es zu akut gefährlichen Verlängerungen der ventrikulären Kontraktionsdauer kommen, bzw. hat sich gezeigt, dass sehr hohe individuelle Belastungen anhand einer Verlängerung der ventrikulären Kontraktionsdauer erkannt werden können, bevor noch ernsthafte Schäden an dem Probanden aufgetreten sind. Durch dieses Wissen kann ein Mensch noch rechtzeitig die Belastungssituation beenden, bevor lebensbedrohliche Zustände am Herzen entstehen. Es hat sich etwa bei den vermehrten Katastrophenhilfeeinsätzen der letzten Jahre gezeigt, dass Hilfe leistende Personen oftmals nicht mehr in der Lage sind, einen Erschöpfungszustand rechtzeitig zu erkennen, sodass es immer wieder zu erschöpfungsbedingtem Tod von Feuerwehrleuten oder Soldaten im Hilfeinsatz kommt, welche Opfer durch das gegenständliche Verfahren vermieden werden können.

**[0012]** Die Erfindung betrifft weiters ein EKG-Gerät gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 30.

**[0013]** Aufgabe der Erfindung ist es daher ein EKG-Gerät der vorstehend genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, mit welchem die Anamnese eines Arztes verbessert werden kann, und mit welchem unnötige Therapien eines Probanden vermieden werden können.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 30 erreicht.

**[0015]** Dadurch werden die vorstehend zum Verfahren dargelegten Vorteile erreicht.

**[0016]** Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0017]** Ausdrücklich wird hiermit auf den Wortlaut der Patentansprüche Bezug genommen, wodurch die Ansprüche an dieser Stelle durch Bezugnahme in die Beschreibung eingefügt sind und als wörtlich wiedergegeben gelten.

**[0018]** Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich eine bevorzugte Ausführungsform beispielhaft dargestellt ist, näher beschrieben. Dabei zeigt:

**[0019]** Fig. 1 einen zeitlichen Verlauf der Herzrate; und

**[0020]** Fig. 2 ein Blockschaltbild eines gegenständlichen EKG-Geräts.

**[0021]** Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zur, insbesondere fortlaufenden, Ermittlung wenigstens einer Herzbelastungsdauer und/oder einer Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise eines Herzbelastungsquotienten und/oder eines Herzerholungsquotienten, aus einem Herzschlagsignal, insbesondere einem Elektrokardiogramm und/oder Magnetokardiogramm und/oder Impedanzkardiogramm und/oder Ballistokardiogramm und/oder Seismokardiogramm und/oder Phonokardiogramm, wobei an einem menschlichen oder tierischen Probanden das Herzschlagsignal aufgenommen wird, wobei nachfolgend aus dem Herzschlagsignal als Herzbelastungsdauer wenigstens eine Atriale-Kontraktionsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Kontraktionsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Kontraktionsdauer ermittelt wird und/oder als Herzerholungsdauer eine Atriale-Dilatationsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Dilatationsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Dilatationsdauer ermittelt wird.

**[0022]** Dadurch kann eine bessere Anamnese und Diagnose eines Probanden erfolgen. Dadurch kann gegebenenfalls eine Therapie besser auf die tatsächlichen Bedürfnisse eines

Probanden bzw. Patienten abgestimmt werden. Dadurch können Fehleinschätzungen vermieden werden, wie diese aufgrund mangelhafter Messergebnisse erfolgten. Dadurch kann der Zustand eines Probanden erheblich genauer festgestellt werden, als dies bislang der Fall war. Dadurch kann eine besser auf den tatsächlichen Zustand des Probanden abgestimmte Therapie entwickelt und durchgeführt werden, sofern eine solche notwendig erscheint, und im Gegenzug können dadurch unnötige Therapien eines Probanden vermieden werden. Dadurch können einfach und genau zusätzliche Informationen aus einem aufgenommenen Herzschlagsignal ermittelt werden, wie etwa Informationen bzw. Werte zum: Durchblutungszustand, der Dauer der Systole, der Dauer der Diastole, der unterschiedlichen Belastung des Herzens bei Tag und Nacht, der unterschiedlichen Erholung des Herzens bei Tag und Nacht. Die entsprechenden Werte bzw. Informationen können dabei einfach im Zuge einer 24h-Aufnahme eines Herzschlagsignals ermittelt werden, wobei für den Probanden keine zusätzliche Belastung besteht, wie diese etwa bei einer Ultraschalluntersuchung der Fall wäre, welche zudem nicht über 24 Stunden erfolgen kann.

**[0023]** Dadurch kann weiters der Durchblutungszustand bei jedem Herzschlag erneut ermittelt werden. Weiters hat sich gezeigt, dass zahlreiche Medikamente zu einer Verlängerung der ventrikulären Kontraktionsdauer führen. Dies kann zu einer Stoffwechsellage mit der Neigung zur Fibrillation und zum Herzstillstand führen. Durch das gegenständliche Verfahren kann eine derartige Verlängerung der ventrikulären Kontraktionsdauer einfach festgestellt werden.

**[0024]** Mittels des gegenständlichen Verfahrens kann ein jeweils aktueller bzw. situationsbezogener Erholungszustand des Herzens ermittelt werden. Insbesondere bei körperlich anspruchsvollen Tätigkeiten, wie diesen etwa Feuerwehrleute, Stahlarbeiter, ausgesetzt sind, kann es zu akut gefährlichen Verlängerungen der ventrikulären Kontraktionsdauer kommen, bzw. hat sich gezeigt, dass sehr hohe individuelle Belastungen anhand einer Verlängerung der ventrikulären Kontraktionsdauer erkannt werden können, bevor noch ernsthafte Schäden an dem Probanden aufgetreten sind. Durch dieses Wissen kann ein Mensch noch rechtzeitig die Belastungssituation beenden, bevor lebensbedrohliche Zustände am Herzen entstehen. Es hat sich etwa bei den vermehrten Katastrophenhilfeeinsätzen der letzten Jahre gezeigt, dass Hilfe leistende Personen oftmals nicht mehr in der Lage sind, einen Erschöpfungszustand rechtzeitig zu erkennen, sodass es immer wieder zu erschöpfungsbedingtem Tod von Feuerwehrleuten oder Soldaten im Hilfeinsatz kommt, welche Opfer durch das gegenständliche Verfahren vermieden werden können.

**[0025]** Es ist vorgesehen, aus einem Herzschlagsignal eine Herzbelastungsdauer und/oder eine Herzerholungsdauer zu ermitteln.

**[0026]** Die verwendeten Indizes bezeichnen jeweils, ob es sich bei der jeweiligen Welle oder Zacke um eine Welle oder Zacke handelt, welche einem ersten Herzschlag oder einem diesen unmittelbar nachfolgenden zweiten Herzschlag zugeordnet sind.

**[0027]** Die Herzbelastungsdauer ist dabei wenigstens eine Atriale-Kontraktionsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Kontraktionsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Kontraktionsdauer. Die Atriale-Kontraktionsdauer ist dabei die Belastungsdauer des Atriums. In einem EKG-Signal entspricht dies dem Intervall  $P_1-Q_1$ . Die Ventrikuläre-Kontraktionsdauer ist dabei die Belastungsdauer der Ventrikel. In einem EKG-Signal entspricht dies dem Intervall  $Q_1-T_1$ . Die Atrio-Ventrikuläre-Kontraktionsdauer ist dabei die Belastungsdauer von Atrium oder Ventrikel. In einem EKG-Signal entspricht dies im Wesentlichen dem Intervall  $P_1-T_1$ .

**[0028]** Die Herzerholungsdauer ist dabei eine Atriale-Dilatationsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Dilatationsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Dilatationsdauer. Die Atriale-Dilatationsdauer ist dabei die Erholungsdauer des Atriums, bzw. Atriumsdiastole. In einem EKG-Signal entspricht dies dem Intervall  $Q_1-P_2$ . Die Ventrikuläre-Dilatationsdauer ist die Erholungsdauer der Ventrikel, bzw. Ventrikeldiastole. In einem EKG-Signal entspricht dies dem Intervall  $T_1 - Q_2$ . Die Atrio-Ventrikuläre-Dilatationsdauer ist die Erholungsdauer von Atrium und Ventrikel, bzw. Herzdilatation. In einem EKG-Signal entspricht dies dem Intervall  $T_1 - P_2$ .

**[0029]** Die betreffenden Dauern wurden vorstehend zu einer schnellen Orientierung anhand eines EKG-Signals, und den bei diesen üblichen Bezeichnungen der Wellen und Zacken erläutert. In weiterer Folge wird dies noch im Detail dargelegt. Neben einem Herzschlagsignal in Form eines EKG-Signals, können die betreffenden Zeitdauern jeweils auch aus anders gewonnenen Herzschlagsignalen ermittelt werden. Insbesondere ist dabei vorgesehen, dass das Herzschlagsignal ein Magnetokardiogramm oder Impedanzkardiogramm oder Ballistokardiogramm oder Seismokardiogramm oder Phonokardiogramm ist.

**[0030]** Der Verlauf eines Magnetokardiogramms oder Impedanzkardiogramms ähnelt dabei stark dem Verlauf eines EKG-Signals.

**[0031]** Weiters kann die Verwendung kapazitiver Elektroden vorgesehen sein.

**[0032]** Ein Ballistokardiogramm, ein Seismokardiogramm oder ein Phonokardiogramm laufen gegenüber einem EKG-Signal zeitverzögert bzw. phasenverschoben ab, wobei jedoch ebenfalls die entsprechenden Intervalle aus diesen ermittelt werden können. Da jedoch im Gegensatz zum EKG die Punkte an denen die Abnahme erfolgt nicht im selben Maße vereinheitlicht sind, kann keine entsprechend vereinheitlichte und eindeutige Nomenklatur hiezu angegeben werden, zumal die Ausschläge bei einem Ballistokardiogramm, einem Seismokardiogramm oder einem Phonokardiogramm deutlich von der Stelle abhängig sind, an denen diese jeweils aufgenommen werden. Aufgrund der gegenständlich allgemeinen Benennung der einzelnen Zeitdauern bzw. Intervalle ist es dem Fachmann bzw. einem Arzt problemlos möglich bei einem konkret abgenommenen Ballistokardiogramm, Seismokardiogramm und/oder Phonokardiogramm die jeweiligen Herzbelastungsdauern und/oder einer Herzerholungsdauern zu identifizieren. Gegebenenfalls ist ein EKG zur Synchronisation erforderlich, daher um die jeweiligen Herzereignisse in dem Ballistokardiogramm, dem Seismokardiogramm oder dem Phonokardiogramm eindeutig zu identifizieren.

**[0033]** Die jeweiligen Intervalle bzw. Zeitdauern umfassen dabei, wenigstens bei Ausbildung des Herzschlagsignals als EKG-Signal, jeweils die zugehörigen Wellen im Wesentlichen zur Gänze. Sofern daher ein bestimmtes Intervall als Anfang und/oder Ende eine Welle aufweist, dann ist diese Welle im Wesentlichen zur Gänze Teil des betreffenden Intervalls.

**[0034]** Bei den angegebenen Intervallen ist jeweils vorgesehen, dass diese bei dem, durch den erstgenannten Buchstaben bezeichneten Ereignis beginnen, und bei dem, durch den zweitgenannten Buchstaben bezeichneten Ereignis enden. Folglich ist beispielsweise ein Intervall QT nicht identisch mit einem Intervall TQ.

**[0035]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass neben den bereits dargelegten Dauern auch Quotienten bestimmter Dauern ermittelt werden.

**[0036]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass als Herzbelastungsquotient:

**[0037]** - ein Belastungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauern zur Atrialen-Dilatationsdauer und/oder

**[0038]** - ein Belastungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder

**[0039]** - ein Belastungsquotient Gesamtherz als Verhältnis der Atrio-Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder

**[0040]** - ein auf die Herzdiastole bezogener Belastungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder

**[0041]** - ein auf die Herzdiastole bezogener Belastungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikuläre-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer

**[0042]** ermittelt wird.

**[0043]** Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass als Herzerholungsquotient

- [0044]** - ein Erholungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauern zur Atrialen-Dilatationsdauer und/oder
- [0045]** - ein Erholungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
- [0046]** - ein Erholungsquotient Gesamtherz als Verhältnis der Atrio-Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
- [0047]** - ein auf die Herzdiastole bezogener Erholungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
- [0048]** - ein auf die Herzdiastole bezogener Erholungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikuläre-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer

**[0049]** ermittelt wird.

**[0050]** Es ist insbesondere vorgesehen, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die wenigstens eine Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise der wenigstens eine Herzbelastungsquotient und/oder der wenigstens eine Herzerholungsquotient, ausgegeben und/oder gespeichert werden.

**[0051]** Bevorzugt werden die betreffende Herzbelastungsdauer und/oder die Herzerholungsdauer sowie gegebenenfalls die betreffenden Herzbelastungsquotienten und/oder Herzerholungsquotienten fortlaufend neu gebildet. Dies führt zur Ausgabe sich ständig ändernder Werte für die einzelnen Herzbelastungsdauern bzw. Herzerholungsdauern, was manchmal nicht gewünscht ist. Es ist dabei bevorzugt vorgesehen, insbesondere neben der Bildung und Ausgabe der jeweils aktuellen Werte der Herzbelastungsdauer und/oder der Herzerholungsdauer, weiters auch die wenigstens eine ausgegebene Herzbelastungsdauer bzw. Herzerholungsdauer als Mittelwert und/oder als Median zu einer vorgebbaren Anzahl zu vorangegangenen Herzschlagintervallen ermittelten Herzbelastungsdauern und/oder der Herzerholungsdauern zu bilden und entsprechend auszugeben.

**[0052]** Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die wenigstens eine Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise der wenigstens eine Herzbelastungsquotient und/oder der wenigstens eine Herzerholungsquotient, im Wesentlichen parallel zur Aufnahme des Herzschlagsignals ausgegeben, insbesondere angezeigt, wird. Der betreffende wenigstens eine Wert wird daher im Wesentlichen kontinuierlich bzw. nach und nach aus dem gemessenen Herzratensignal ermittelt und auch angezeigt bzw. ausgegeben. Insbesondere bei der besonders bevorzugten mobilen Umsetzung des gegenständlichen Verfahrens in einem Gerät, welches der Proband am Körper mit sich trägt, ist vorgesehen, dass die Herzbelastungsdauer und/oder die Herzerholungsdauer und/oder der eine Herzbelastungsquotient und/oder der Herzerholungsquotient direkt in dem mobilen Gerät ermittelt, und vorzugsweise auch an diesem Gerät angezeigt wird. Im Gegensatz zu den bekannten Vorrichtungen zur Aufnahme eines 24h-EKG kann dadurch unmittelbar seitens des Probanden auf die ermittelten Werte reagiert werden, etwa durch unmittelbare Veränderungen seiner gegenwärtigen Lebensumstände. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Anzeige nicht an dem Gerät selbst erfolgt, sondern an einem Smartphone des Probanden. Aufgrund der zwischenzeitlich weiten Verbreitung derartiger Smartphones kann dieses zweckmäßig zur Anzeige verwendet werden, wodurch auf eine separate Anzeige bei besagtem Gerät verzichtet werden kann.

**[0053]** Es ist in Weiterbildung des gegenständlichen Verfahrens bevorzugt vorgesehen, dass wenigstens eine ermittelte Herzbelastungsdauer und/oder wenigstens eine ermittelte Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise wenigstens ein ermittelter Herzbelastungsquotient und/oder wenigstens ein ermittelter Herzerholungsquotient, mit wenigstens einer vorgebbaren Grenzbedingung verglichen wird, und dass bei Überschreiten der wenigstens einen Grenzbedingung durch die Herzbelastungsdauer bzw. die Herzerholungsdauer bzw. den Herzbelastungsquotienten bzw. den Herzbelastungsquotienten ein Signal ausgegeben wird. Dadurch kann ein Pro-

band bei einem sich anbahnenden kritischen Zustand rechtzeitig gewarnt werden, um von seiner gegenwärtigen Tätigkeit abzulassen. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass mehrere, unterschiedlich hohe Grenzbedingungen vorgesehen sind, sodass etwa bei Überschreiten bzw. Erreichen einer ersten Grenzbedingung ein erstes Signal ausgegeben wird, und dass bei einer weiteren Veränderung der Herzbelastungsdauer und/oder der Herzerholungsdauer, welche zu einem Überschreiten einer zweiten Grenzbedingung führt, ein, vom ersten Signal unterschiedliches zweites Signal ausgegeben wird.

**[0054]** Die wenigstens eine Grenzbedingung kann dabei einer Datenbank entnommen werden, etwa in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Krankheitsgeschichte, Umgebungsparameter und dergleichen. In einer derartigen Datenbank können entsprechende Grenzbedingungen aufgrund der Erfahrungen mit anderen Probanden abgelegt werden. Insbesondere können dabei Daten in der Datenbank enthalten sein, welche aus Untersuchungen mit im Wesentlichen gesunden Probanden gewonnen wurden.

**[0055]** Neben der Auswahl von Grenzbedingungen aus einer Datenbank ist insbesondere vorgesehen, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die Herzerholungsdauer und/oder der Herzbelastungsquotient und/oder der Herzerholungsquotient über einen vorgebbaren ersten Zeitraum, welcher vorzugsweise zwischen einem Tag und vierzehn Tagen beträgt, aufgenommen wird, insbesondere mittels eines mobilen EKG-Geräts 1, dass der erste Zeitraum in eine vorgebbare Mehrzahl zweiter Zeiträume, welche vorzugsweise zwischen 15 Minuten und 2 Stunden betragen, geteilt wird, und dass für wenigstens einen zweiten Zeitraum wenigstens die Grenzbedingung aus dem ermittelten Herzbelastungsdauer bzw. Herzerholungsdauer bzw. Herzbelastungsquotient bzw. Herzerholungsquotient gebildet wird. Dabei wird die wenigstens eine Grenzbedingung aus sog. historischen Daten des Probanden selbst oder aus Daten einer Vergleichsdatenbank ermittelt.

**[0056]** Dabei ist weiters vorgesehen, dass die wenigstens eine Grenzbedingung nicht ständig gleich belassen wird, sondern über den Tagesverlauf angepasst wird. Bevorzugt ist daher vorgesehen, dass die wenigstens eine Grenzbedingung an die jeweils vorherrschende Tageszeit angepasst wird, indem die Grenzbedingung ausgewählt wird, welche für die zweite Zeitdauer ermittelt wurde, in welcher die gegenwärtige Tageszeit liegt. Dadurch kann auf unterschiedliche Belastungszustände des Probanden reagiert werden. Hiefür kann gegebenenfalls eine entsprechende Datenbank bzw. Vergleichsdatenbank, welche Datenbank bzw. Vergleichsdatenbank Daten des gleichen oder anderer Probanden aufweist, vorgesehen sein.

**[0057]** Nachfolgend wird das gegenständliche Verfahren anhand der Aufnahme eines Herzschlagsignals in Form eines EKG-Signals 3 beschrieben. Neben der am weitesten verbreiteten und üblichen Form ein Herzschlagsignal mittels eines EKGs aufzunehmen, kann die gegenständliche Erfindung entsprechend abgewandelt, wie bereits dargelegt, auch bei einem anders ermittelten Herzschlagsignal angewendet werden. Die Beschreibung anhand eines EKG-Signals 3 ist daher bevorzugt nicht beschränkend auf ein EKG-Signal 3 zu verstehen.

**[0058]** Das aufgenommene Herzschlagsignal wird in Form eines EKG-Signals bei einem Probanden aufgenommen. Bei dem Probanden kann es sich um jegliche Art eines Lebewesens mit wenigstens einem Herzen handeln, sprich sowohl um einen Menschen als auch ein entsprechendes Tier.

**[0059]** Nachfolgend ist sofern nicht explizit angeführt jeweils bei Nennung einer Herzbelastungsdauer auch die Anwendung des beschriebenen bei einer Herzerholungsdauer vorgesehen.

**[0060]** Bevorzugt erfolgt die Verarbeitung des EKG-Signals 3 entsprechend dem gegenständlichen Verfahren in einem entsprechend ausgebildeten EKG-Gerät 1.

**[0061]** Das - in an sich bekannter Weise - bei dem Probanden aufgenommene EKG-Signal 3 wird an den Eingang eines Analog-Digital-Wandlers 4, welcher bevorzugt Teil eines EKG-Geräts 1 ist, übermittelt und durch den Analog-Digital-Wandler 4 digitalisiert.

**[0062]** Die Abnahmestellen des EKGs werden bevorzugt so gewählt, dass die R-Zacke R, die P-Welle P und die T-Welle T als positive Signale, und die Q-Zacke Q sowie die S-Zacke S als negative Signale gegenüber einem Bezugspotenzial ausgegeben werden.

**[0063]** Dabei ist bei der bevorzugten digitalen Signalverarbeitung im Rahmen der gegenständlichen Erfindung bevorzugt vorgesehen, dass der Analog-Digital-Wandler eine Samplingrate größer gleich 6 kHz und eine Auflösung größer gleich 12 Bit aufweist. Besonders bevorzugt ist dabei vorgesehen, der Analog-Digital-Wandler eine Samplingrate von 8 kHz und eine Auflösung von 16 Bit aufweist.

**[0064]** Es sei angemerkt, dass entsprechende und gemeinhin übliche Signalaufbereitungsschaltungen, wie etwa Eingangsverstärker, vorgesehen sein können. Weiters ist ein Tiefpassfilter vor dem Analog-Digital-Wandler 4 vorgesehen, zur Einhaltung des Abtasttheorems.

**[0065]** Innerhalb des digitalen EKG-Signals 3 werden vorzugsweise aufeinander folgende R-Zacken R detektiert. Dabei ist insbesondere vorgesehen, die Zeitpunkte des Auftretens der jeweiligen R-Zacken R, vorzugsweise die Zeitpunkte jeweils zwischen den R-Zacken R, zu bestimmen.

**[0066]** Weiters wird wenigstens eine Zeitdauer zwischen einer R-Zacke R der aufeinander folgenden R-Zacken R und einer der R-Zacke R vor- und/oder nachfolgenden Welle P, T und/oder Zacke Q, S des EKG-Signals 3 ermittelt. Hiezu wird die wenigstens eine Welle P, T und/oder Zacke Q, S ebenfalls detektiert. Aus der wenigstens einen ermittelten Zeitdauer wird wenigstens eine Herzbelastungsdauer bzw. Herzerholungsdauer bestimmt.

**[0067]** Wie bereits im vorstehenden Absatz angeführt ist es mittelbares Ziel die Zeitdauern zwischen den Zacken Q, S bzw. Wellen P, T und jeweils einer R-Zacke R zu ermitteln, um diese dann weiterzuverarbeiten. Es ist daher besonders bevorzugt vorgesehen, die Zeitpunkte des Auftretens der Zacken Q, S bzw. Wellen P, T zu bestimmen.

**[0068]** Aus verarbeitungstechnischen Gründen ist bei der Umsetzung der gegenständlichen Erfindung insbesondere vorgesehen die Zeitabschnitte zu vorausgehenden Wellen oder Zacken rechnerisch aus dem fortlaufenden Signal zu ermitteln.

**[0069]** Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die zeitliche Position der Spitzen der Q-Zacke Q, der R-Zacke R und der S-Zacke S detektiert wird. Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass zu den Zacken Q, R, S auch jeweils die größte positive und/oder negative Steigung, daher die größte Steigung bei Anstieg und/oder Abfall, ermittelt wird. Weiters ist bevorzugt vorgesehen, die zeitlichen Positionen von Beginn, Mitte und Ende der P-Welle, der T-Welle sowie, falls detektierbar, der U-Welle. Dabei ist eine derartige Detektion zu jedem der genannten Parameter bevorzugt vorgesehen, auch wenn dies im weiteren Text nicht jeweils dezidiert angeführt ist.

**[0070]** Bevorzugt ist eine fortlaufende Detektion sowohl der R-Zacken R als auch der wenigstens eine Welle P, T und/oder Zacke Q, S innerhalb des fortlaufenden EKG-Signals 3 vorgesehen. Weiters ist bevorzugt vorgesehen, sämtliche für ein EKG typischen Wellen P, T und Zacken Q, S zu detektieren, wobei auch eine Auswahl einzelner Wellen P, T oder Zacken Q, S vorgesehen sein kann. Das EKG-Signal 3 weist typischerweise, wie in Fig. 1 dargestellt, neben der R-Zacke R weiters die P-Welle P, die Q-Zacke Q, die S-Zacke S und die T-Welle T auf. Zudem ist bei manchen Probanden zwischen der T-Welle T und der P-Welle P des nächsten Herzschlages weiters eine U-Welle vorhanden und auch messbar. Sofern eine solche U-Welle aufscheint, ist auch deren Detektion vorgesehen.

**[0071]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass jeweils die zeitlichen Abstände bzw. die Zeitdauern zwischen der R-Zacke R und den Wellen P, T bzw. Zacken Q, S eines „in sich zusammengehörenden“ ersten Herzschlages gemessen bzw. ermittelt werden. Ein Herzschlag besteht dabei in an sich bekannter Weise aus dem Ablauf, welcher zeitlich mit dem Auftreten der P-Welle beginnt und mit dem Abklingen der T-Welle endet. Es ist daher vorgesehen, die Zeitdauern innerhalb eines Herzschlages zu bestimmen. Dabei kann weiters bevorzugt vorgesehen sein, die Zeitdauer zwischen einer Welle und/oder einer Zacke eines ersten Herzschlages und der einer

Welle und/oder einer Zacke eines, unmittelbar auf den ersten Herzschlag folgenden, zweiten Herzschlages zu messen.

**[0072]** Nachfolgend wird ein bevorzugtes Verfahren zur Detektion speziell der R-Zacke R beschrieben, welches entsprechend angepasst auch zur Detektion der Q-Zacke Q sowie der S-Zacke S verwendet werden kann.

**[0073]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass das digitale EKG-Signal 3 mittels eines vorgebbaren FIR-Filters gefiltert wird. FIR steht dabei in an sich bekannter Weise für Finit Impuls Response. Ein ursprüngliches, unbehandeltes EKG-Signal 3 weist in der Regel eine schwankende Grundlinie auf, welcher als Überlagerung einer niederfrequenten Störung dargestellt werden kann. Durch die entsprechende Filterung kann eine Glättung der Grundlinie erreicht werden. Bei der Bildung der gegenständlichen Herzbelastungsdauer bzw. Herzerholungsdauer sind insbesondere die zeitlichen Abstände der einzelnen Wellen P, T und/oder Zacken Q, S des EKG-Signals 3 relevant. Es kann daher bei der Filterung entsprechend auf eine zeit- bzw. phasengetreue Filterung geachtet werden. Dabei kann auch eine Verstärkung der Wellen P, T und/oder Zacken Q, S umgesetzt werden, um deren nachfolgende Detektion zu vereinfachen.

**[0074]** Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass das FIR-Filter Filterkomponenten aufweist, welche lediglich durch die Integerwerte -1,0 und/oder +1 gebildet sind. Dadurch kann eine sehr schnelle Verarbeitung erreicht werden und/oder sehr geringe Hardwareanforderungen, wodurch eine Implementierung des gegenständlichen Verfahrens auf einer mobilen Plattform unterstützt wird.

**[0075]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass das gegenständliche Verfahren auf einer mobilen Plattform durchgeführt wird bzw. werden kann. Bei der Implementierung der einzelnen Algorithmen und Routinen ist daher bevorzugt darauf zu achten eine geringe Belastung eines Prozessors sowie einen geringen Energieverbrauch zu verursachen.

**[0076]** Das, vorzugsweise gefilterte, digitale EKG-Signal 3 wird nachfolgend in Segmente vorgegebbarer Dauer geteilt. Die einzelnen Segmente werden bevorzugt mit einer Länge von 2 Sekunden bis 3 Sekunden gewählt, wobei sich eine Länge von 2,5 Sekunden als besonders vorteilhaft erwiesen hat. Die einzelnen Segmente beginnen dabei bevorzugt jeweils mit der letzten detektierten R-Zacke, wobei selbstverständlich das erste Segment, in Ermangelung einer bereits zuvor detektierten R-Zacke an einem, bezüglich des Herzschlages zufälligen Zeitpunkt beginnt. Innerhalb eines jeden Segments wird nachfolgend ein Maximalwert des EKG-Signals 3 ermittelt.

**[0077]** Nachfolgend ist bevorzugt vorgesehen, dass über eine vorgebbare Anzahl vorangegangener aufeinander folgender Segmente der Median der Werte in den jeweiligen Segmenten gebildet wird. Insbesondere wird dabei der Median über drei bis sieben, vorzugsweise über fünf, derartiger Segmente gebildet, um Variationen durch die Atmung zu mitteln. Dabei ist zu beachten, dass sich die Segmente an sich überschneiden können.

**[0078]** Die Abtastwerte innerhalb eines Segments werden nun mit dem, aus den vorangegangenen Segmenten gebildeten, Median verglichen, welcher bevorzugt durch einen vorgebbaren Wert geteilt wird, welcher Wert größer gleich Eins ist. Lediglich Abtastwerte, welche einen Wert größer diesem Median aufweisen, werden weiterverarbeitet. Dadurch wird eine ständig neu angepasste Grenze gebildet mit deren Hilfe einfach der Rechenaufwand reduziert werden kann. Die Abtastwerte, welche größer dem geteilten Median sind, werden mit dem unmittelbar vorangegangenen Abtastwert desselben Segments verglichen. Dabei werden lediglich Abtastwerte mit einer Betragsdifferenz zum vorangegangenen Abtastwert größer einem vorgebbaren Grenzwert als R-Zacken-Kandidaten zur Detektion der R-Zacke R weiterverarbeitet. Bevorzugt wird dabei die fallende Flanke der R-Zacke R betrachtet bzw. bewertet. Durch die gegenständliche Auswahl kann schnell und mit geringem Rechen- und Energieaufwand, ein Großteil der Abtastwerte ausgeschlossen werden.

**[0079]** Der Grenzwert, mit welchem die Abtastwerte verglichen werden, wird dabei bevorzugt größer dem Rauschen und/oder dem Jitter des Analog-Digital-Wandlers ausgewählt.

**[0080]** Nachfolgend werden weitere Abtastwerte aus der Gruppe der R-Zacken-Kandidaten ausgeschieden. Hierzu werden Abtastwerte, welche in Zeitspannen fallen, in welchen aus physiologischen Gründen keine R-Zacke R auftreten kann, aus der Menge der R-Zacken-Kandidaten gelöscht. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass R-Zacken-Kandidaten innerhalb einer vorgebbaren Zeitspanne, von maximal der halben erwarteten Refraktärzeit des Herzens des Probanden, nachfolgend einer zuvor bereits detektierten R-Zacke R verworfen werden. Die Refraktärzeit des Herzens eines Menschen beträgt in etwa 250 ms. Allerdings ist bei der Festlegung der betreffenden Zeitspanne auch die erforderliche Rechenzeit zu berücksichtigen, welche plattformabhängig ist, sodass die Länge der betreffenden Zeitspanne neben der Gattung des Probanden zudem von der vorhandenen Verarbeitungsleistung der verwendeten Vorrichtungen abhängig ist.

**[0081]** Insbesondere hat sich bei menschlichen Probanden als in der praktischen Umsetzung als vorteilhaft erwiesen, dass R-Zacken-Kandidaten, welche innerhalb von weniger als 80 ms nach einer bereits detektierten R-Zacke R aufscheinen, aus der Menge der R-Zacken-Kandidaten gelöscht werden.

**[0082]** Nachfolgend werden die verbleibenden R-Zacken-Kandidaten bevorzugt mit wenigstens einem vorgebbaren Bewertungskriterium bewertet.

**[0083]** Bei Erfüllen des Bewertungskriteriums wird ein R-Zacken-Kandidat als detektierte R-Zacke R ausgegeben und/oder gespeichert und/oder weiterverarbeitet.

**[0084]** Dabei wird neben dem Zeitpunkt des Auftretens der betreffenden R-Zacke R bevorzugt weiters auch die Amplitude zum nachfolgenden Minimum, in Form der nachfolgenden S-Zacke S, detektiert und zusammen mit dem Zeitpunkt der R-Zacke R gespeichert und/oder ausgegeben.

**[0085]** Es ist bevorzugt vorgesehen, dass zur Detektion der S-Zacke S und/oder der Q-Zacke Q die jeweiligen Minimalwerte in jeweils vorgebbaren Zeitfenstern um die detektierte R-Zacke R ermittelt werden, dass der zeitlich unmittelbar vor der R-Zacke R auftretende Minimalwert als Q-Zacke Q ausgegeben wird, und/oder dass der zeitlich unmittelbar nach der R-Zacke R auftretende Minimalwert als S-Zacke S ausgegeben wird. Hierzu ist ein einfacher Vergleich der Abtastwerte mit den jeweils benachbarten Abtastwerten vorgesehen. Aufgrund der strengen Kopplung der Q-Zacke Q und der S-Zacke S an den Zeitpunkt des Auftretens der R-Zacke R, kann dabei jeweils die Suche nach den entsprechenden Minima auf einen sehr kurzen Zeitintervall jeweils vor und nach der R-Zacke R beschränkt bleiben, wodurch der Rechenaufwand gering gehalten werden kann. Dabei ist weiters bevorzugt vorgesehen, die zeitlich jeweils am nächsten zu der detektierten R-Zacke R auftretenden Minima zu detektieren. Bevorzugt werden zu den jeweiligen Zacken Q, S, die zeitlichen Abstände zu den ihnen zugehörigen R-Zacke R bestimmt und jeweils weiterverarbeitet bzw. ausgegeben.

**[0086]** Hinsichtlich der Detektion der Q-Zacke Q hat sich gezeigt, dass der Abstand der Q-Zacke Q zur R-Zacke R unabhängig von der Herzrate bei einem bestimmten Probanden sehr konstant ist. Es ist daher bevorzugt vorgesehen, die Zeit zwischen der Q-Zacke Q zur R-Zacke R einmal bei einem bestimmten Probanden möglichst exakt zu bestimmen, etwa in einer Labormgebung, und danach für die weitere Erfassung im Rahmen der gegenständlichen Erfindung, die dabei ermittelte zeitliche Position der Q-Zacke Q gegenüber der R-Zacke R konstant auf den dabei ermittelten Wert zu setzen.

**[0087]** Dabei kann weiters vorgesehen sein, sofern dies etwa nicht möglich bzw. unpraktikabel ist bzw. erscheint, dass die zeitliche Position der Q-Zacke Q ermittelt wird, indem diese 100ms zeitlich vor der ermittelten R-Zacke R definiert wird. Es hat sich gezeigt, dass die betreffende Zeitspanne bei den meisten Probanden sehr nahe an diesem Wert von 100ms liegt, und folglich dadurch ein nur sehr geringer und vertretbarer Fehler auftritt.

**[0088]** Es hat sich weiters gezeigt, dass bei bestimmten Arten der Aufnahme des Herzschlagsignals insbesondere die Q-Zacke Q und die S-Zacke S, bzw. die diesen zugrunde liegenden Vorgänge des Herzens nicht durch entsprechende Ausschläge des betreffenden Herz-

schlagsignals deutlich erkennbar sind. Es hat sich aber gezeigt, dass diese, bzw. die Zeitpunkte deren Auftretens, durch mathematische Ableitung des Herzschlagsignals ermittelbar sind. Es ist daher weiters bevorzugt vorgesehen, dass die Q-Zacke Q, die R-Zacke R und/oder die S-Zacke S jeweils aus der größten positiven und/oder negativen Änderung der Steigung des Herzschlagsignals ermittelt wird.

**[0089]** Es ist weiters bevorzugt vorgesehen, dass zur Detektion der T-Welle T und/oder der P-Welle P die jeweiligen Maximalwerte in jeweils vorgebbaren Zeitfenstern um die detektierte R-Zacke R ermittelt werden, wobei der zeitlich unmittelbar vor der R-Zacke auftretende Maximalwert als P-Welle P ausgegeben wird, und wobei der zeitlich unmittelbar nach der R-Zacke R auftretende Maximalwert als T-Welle T ausgegeben wird. Dabei ist ebenso wie bei der vorstehend beschriebenen bevorzugten Detektion der Q-Zacke Q bzw. der S-Zacke S vorgesehen, dass lediglich in einem eingeschränkten Erwartungszeitfenster die betreffenden Maximalwerte gesucht werden. Dabei ist weiters bevorzugt vorgesehen, die jeweils zeitlich am nächsten zu der detektierten R-Zacke R auftretenden Maxima zu detektieren. Bevorzugt werden zu den jeweiligen Wellen P, T, die zeitlichen Abstände zu den ihnen zugehörigen R-Zacke R bestimmt und jeweils weiterverarbeitet bzw. ausgegeben.

**[0090]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Dauer der aufeinander folgenden Segmente und/oder die Dauer der erwarteten Refraktärzeit des Herzens und/oder die Länge der vorgebbaren Zeitfenster um die detektierte R-Zacke R in Abhängigkeit der Herzfrequenz gewählt werden. Dadurch kann eine deutlich bessere Leistung des beschriebenen Algorithmus erzielt werden, da die Erwartungswerte bereits besser an die realen Bedingungen angepasst sind, und folglich das verwendete numerische Verfahren schneller konvergiert.

**[0091]** Es kann auch vorgesehen sein, die Zacken Q, S und/oder Wellen P, T entsprechend der beschriebenen Detektion der R-Zacke R durchzuführen.

**[0092]** Besonders bevorzugt ist bei der beschriebenen bevorzugten Detektion der Zacken Q, S und/oder Wellen P, T vorgesehen, das EKG-Signal 3 grundsätzlich auf auffällige Veränderungen hin zu prüfen, wie etwa Herzrhythmusstörungen, und gegebenenfalls die zur Detektion der einzelnen Wellen P, T bzw. Zacken Q, S die jeweiligen Erwartungszeitfenster entsprechend anzupassen.

**[0093]** Die Fig. 2 zeigt ein EKG-Gerät 1 mit wenigstens einem Eingang 2 für ein elektrisches und/oder magnetisches EKG-Signal 3, wobei der Eingang 2 mit einem Eingang eines Analog-Digital-Wandlers 4 verbunden ist, wobei ein Ausgang des Analog-Digital-Wandlers 4 mit einer R-Zacken-Detektionseinheit 5 verbunden ist, und wobei ein Ausgang der R-Zacken-Detektionseinheit 5 mit einer Herzbelastungsdauer- und/oder Herzerholungsdauer- und/oder Herzbelastungsquotienten- und/oder Herzerholungsquotienten-Bestimmungseinheit 6 verbunden ist.

**[0094]** Der Eingang 2 des EKG-Geräts 1 ist in an sich bekannter Weise mit entsprechenden Elektroden 8 verbunden.

**[0095]** Die Herzbelastungsdauer- und/oder Herzerholungsdauer- und/oder Herzbelastungsquotienten- und/oder Herzerholungsquotienten-Bestimmungseinheit 6 ist dabei bevorzugt umfassend einen Mikrocontroller ausgebildet, sowie zur Durchführung wenigstens einer Ausführungsvariante des gegenständlichen Verfahrens zur Ermittlung wenigstens einer Herzbelastungsdauer und/oder wenigstens einer Herzerholungsdauer und/oder wenigstens eines Herzbelastungsquotienten und/oder wenigstens eines Herzerholungsquotienten aus einem EKG-Signal 3 ausgebildet bzw. vorgesehen.

**[0096]** Das gegenständliche EKG-Gerät 1 ist bevorzugt als mobiles Gerät ausgebildet, und weist bevorzugt eine drahtlose Datenschnittstelle zur Übermittlung der EKG-Signale 3 bzw. der wenigstens einen Herzbelastungsdauer und/oder wenigstens einen Herzerholungsdauer und/oder des wenigstens einen Herzbelastungsquotienten und/oder wenigstens einen Herzerholungsquotienten aus, sowie einen Akkumulator zur Energieversorgung.

**[0097]** Es ist weiters bevorzugt vorgesehen, die ermittelte Herzbelastungsdauer und/oder Herz-

erholungsdauer und/oder den Herzelastungsquotienten und/oder den Herzerholungsquotienten nicht nur anzuzeigen bzw. zu speichern, sondern auf Basis dieser Daten auch Steuerungs- und/oder Regelungsvorgänge vorzunehmen. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass bei Erfüllen eines vorgebbaren Steuer- und/oder Regelkriteriums wenigstens eine Einstellung der Vorrichtung von einer Steuer- und/oder Regeleinheit vorgebbar verändert wird.

**[0098]** Dabei kann es sich bei der Vorrichtung um grundsätzlich jede Art einer Vorrichtung handeln, welche etwa aufgrund des Zustandes des Probanden aktiviert oder deaktiviert wird, oder in einer anderen Einstellung verändert wird, wobei insbesondere vorgesehen ist, durch besagte Veränderung das Wohlbefinden des Probanden zu erhöhen.

**[0099]** Bevorzugte Ausführungen der Vorrichtung umfassen etwa Vorrichtungen zum Verströmen eines ätherischen Öls, oder die Regelung der Beleuchtung, oder des Raumklimas.

**[00100]** Entsprechend ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass die Vorrichtung eine HVAC-Anlage ist, und dass Einstellungen der HVAC-Anlage derart abgeändert werden, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des Probanden steigt. HVAC ist dabei die im englischen Sprachraum gebräuchliche Abkürzung für Heating, Ventilating and Air-Conditioning, und bezeichnet als generischer Begriff Haustechnikanlagen zur Heizung, Belüftung bzw. Klimatisierung von Räumen. Dabei ist vorgesehen, dass das Raumklima durch Veränderungen an der HVAC-Anlage so abgeändert wird, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des, sich in dem betreffenden Raum aufhaltenden Probanden verbessert wird.

**[00101]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Lichanlage und/oder eine Tonanlage ist, und dass Einstellungen der Lichanlage und/oder der Tonanlage derart abgeändert werden, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des Probanden steigt. Dabei ist vorgesehen, Lichteffekte, die Raumbelichtung und/oder Töne, Klänge und/oder Musik zu regeln, und zwar so, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des, sich in dem betreffenden Raum aufhaltenden Probanden verbessert wird.

**[00102]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Anlage zum vorgebbaren Freisetzen von Düften ist, und dass Einstellungen der Anlage zum vorgebbaren Freisetzen von Düften derart abgeändert werden, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des Probanden steigt. Eine derartige Vorrichtung ist entsprechend dazu ausgebildet unterschiedliche Düfte vorgebbar in den Raum abgeben zu können, wobei vorgesehen ist, dass die Vorrichtung derartige Düfte abgibt, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des, sich in dem betreffenden Raum aufhaltenden Probanden verbessert wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur, insbesondere fortlaufenden, Ermittlung wenigstens einer Herzbelastungsdauer und/oder einer Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise eines Herzbelastungsquotienten und/oder eines Herzerholungsquotienten, aus einem Herzschlagsignal, insbesondere einem Elektrokardiogramm (3) und/oder Magnetokardiogramm und/oder Impedanzkardiogramm und/oder Ballistokardiogramm und/oder Seismokardiogramm und/oder Phonokardiogramm, wobei an einem menschlichen oder tierischen Probanden das Herzschlag-signal aufgenommen wird, wobei nachfolgend aus dem Herzschlagsignal als Herzbelastungsdauer wenigstens eine Atriale-Kontraktionsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Kontraktionsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Kontraktionsdauer ermittelt wird und/oder als Herzerholungsdauer eine Atriale-Dilatationsdauer und/oder eine Ventrikuläre-Dilatationsdauer und/oder eine Atrio-Ventrikuläre-Dilatationsdauer ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Herzbelastungsquotient:
  - ein Belastungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauern zur Atrialen-Dilatationsdauer und/oder
  - ein Belastungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
  - ein Belastungsquotient Gesamtherz als Verhältnis der Atrio-Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
  - ein auf die Herzdiastole bezogener Belastungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
  - ein auf die Herzdiastole bezogener Belastungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikuläre-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Herzerholungsquotient
  - ein Erholungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauern zur Atrialen-Dilatationsdauer und/oder
  - ein Erholungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
  - ein Erholungsquotient Gesamtherz als Verhältnis der Atrio-Ventrikulären- Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
  - ein auf die Herzdiastole bezogener Erholungsquotient Atrium als Verhältnis der Atrialen-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer und/oder
  - ein auf die Herzdiastole bezogener Erholungsquotient Ventrikel als Verhältnis der Ventrikuläre-Kontraktionsdauer zur Atrio-Ventrikulären-Dilatationsdauer ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die wenigstens eine Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise der wenigstens eine Herzbelastungsquotient und/oder der wenigstens eine Herzerholungsquotient, ausgegeben und/oder gespeichert werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die wenigstens eine Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise der wenigstens eine Herzbelastungsquotient und/oder der wenigstens eine Herzerholungsquotient, als Mittelwert und/oder als Median der, zu einer vorgebbaren Anzahl vorangegangener Herzschlagintervalle ermittelten Herzbelastungsdauern und/oder Herzerholungsdauern gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die wenigstens eine Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise der wenigstens eine Herzbelastungsquotient und/oder der wenigstens eine Herzerholungsquotient, im Wesentlichen parallel zur Aufnahme des Herzschlagsignals ausgegeben, insbesondere angezeigt, wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine ermittelte Herzbelastungsdauer und/oder wenigstens eine ermittelte Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise wenigstens ein ermittelter Herzbelastungsquotient und/oder wenigstens ein ermittelter Herzerholungsquotient, mit wenigstens einer vorgebbaren Grenzbedingung verglichen wird, und dass bei Überschreiten der wenigstens einen Grenzbedingung durch die Herzbelastungsdauer bzw. die Herzerholungsdauer bzw. den Herzbelastungsquotienten bzw. den Herzerholungsquotienten ein Signal ausgegeben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die Herzerholungsdauer und/oder der Herzbelastungsquotient und/oder der Herzerholungsquotient über einen vorgebbaren ersten Zeitraum, welcher vorzugsweise zwischen einem Tag und vierzehn Tagen beträgt, aufgenommen wird, dass der erste Zeitraum in eine vorgebbare Mehrzahl zweiter Zeiträume, welche vorzugsweise zwischen 15 Minuten und 2 Stunden betragen, geteilt wird, und dass für wenigstens einen zweiten Zeitraum wenigstens die Grenzbedingung aus den ermittelten Herzbelastungsdauern bzw. Herzerholungsdauern bzw. Herzbelastungsquotienten bzw. Herzerholungsquotienten gebildet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Grenzbedingung an die jeweils vorherrschende Tageszeit angepasst wird, indem die Grenzbedingung ausgewählt wird, welche für die zweite Zeitdauer ermittelt wurde, in welcher die gegenwärtige Tageszeit liegt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Herzschlagsignal ein EKG-Signal ist, dass wenigstens eine R-Zacke (R), vorzugsweise ein Zeitpunkt des Auftretens der R-Zacke (R), in dem Herzschlagsignal detektiert wird, wobei wenigstens eine Zeitdauer zwischen der R-Zacke (R) und einer der R-Zacke (R) vor- und/oder nachfolgenden Welle (P, T) und/oder Zacke (Q, S) des Herzschlagsignals ermittelt wird, und damit die wenigstens eine Herzbelastungsdauer und/oder die wenigstens eine Herzerholungsdauer, sowie vorzugsweise der wenigstens eine Herzbelastungsquotient und/oder der wenigstens eine Herzerholungsquotient bestimmt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass als, der R- Zacke (R) vor- und/oder nachlaufende Welle (P, T) und/oder Zacke (Q, S), wenigstens eine, insbesondere unmittelbar, vor der R-Zacke auftretende P-Welle (P) und/oder Q-Zacke (Q) und/oder eine unmittelbar nach der R-Zacke (R) auftretende S-Zacke (S) und/oder T-Welle (T), insbesondere ein Zeitpunkt des Auftretens der jeweiligen Welle (P, T) und/oder Zacke (Q, S), detektiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das EKG-Signal als analoges EKG-Signal aufgenommen wird, und nachfolgend mit einem Analog-Digital-Wandler in ein digitales EKG-Signal gewandelt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das digitale EKG-Signal mittels eines vorgebbaren FIR-Filters gefiltert wird, wobei vorzugsweise Filterkomponenten des FIR-Filters lediglich ausgewählt aus der Gruppe -1, 0 und/oder +1 sind.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der R-Zacken-Detektion das EKG-Signal in Segmente vorgebbarer Dauer, vorzugsweise zwischen 2 Sekunden und 3 Sekunden, geteilt wird, und dass innerhalb jedes Segments ein Maximalwert ermittelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass über eine vorgebbare Anzahl, vorzugsweise drei bis sieben, vorangegangener aufeinander folgender Segmente der Median der Werte in den jeweiligen Segmenten gebildet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtastwerte innerhalb eines Segments mit dem, durch einen vorgebbaren Wert geteilten, Median verglichen werden, dass lediglich Abtastwerte, welche einen Wert größer dem geteilten Median aufweisen, mit dem vorangegangenen Abtastwert verglichen werden, und dass lediglich Abtastwerte mit einer Betragsdifferenz zum vorangegangenen Abtastwert größer einem vorgebbaren Grenzwert als R-Zacken-Kandidaten zur Detektion der R-Zacke (R) weiterverarbeitet werden.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grenzwert größer dem Rauschen und/oder dem Jitter des Analog-Digital-Wandlers (4) ausgewählt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass R-Zacken-Kandidaten innerhalb einer vorgebbaren Zeitspanne, von maximal der Halben erwarteten Refraktärzeit des Herzens des Probanden, nachfolgend einer zuvor bereits detektierten R-Zacke (R) verworfen werden.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verbleibenden R-Zacken-Kandidaten mit wenigstens einem vorgebbaren Bewertungskriterium bewertet werden, und dass ein R-Zacken-Kandidat bei Erfüllen des Bewertungskriteriums als detektierte R-Zacke (R) ausgegeben und/oder gespeichert und/oder weiterverarbeitet wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Detektion der S-Zacke (S) und/oder der Q-Zacke (Q) die jeweiligen Minimalwerte in jeweils vorgebbaren Zeitfenstern um die detektierte R-Zacke (R) ermittelt werden, dass der zeitlich unmittelbar vor der R-Zacke (R) auftretende Minimalwert als Q-Zacke (Q) ausgegeben wird, und dass der zeitlich unmittelbar nach der R-Zacke (R) auftretende Minimalwert als S-Zacke (S) ausgegeben wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zeitliche Position der Q-Zacke (Q) ermittelt wird, indem diese 100ms zeitlich vor der ermittelten R-Zacke (R) definiert wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Q-Zacke (Q), die R-Zacke (R) und/oder die S-Zacke (S) jeweils aus der größten positiven und/oder negativen Änderung der Steigung des Herzschlagsignals ermittelt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Detektion der T-Welle (T) und/oder der P-Welle (P) die jeweiligen Maximalwerte in jeweils vorgebbaren Zeitfenstern um die detektierte R-Zacke (R) ermittelt werden, dass der zeitlich unmittelbar vor der R-Zacke (R) auftretende Maximalwert als P-Welle (P) ausgegeben wird, und dass der zeitlich unmittelbar nach der R-Zacke (R) auftretende Maximalwert als T-Welle (T) ausgegeben wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Q-Zacke (Q), zur R-Zacke (R) und zur S-Zacke (S) jeweils die größte positive und/oder negative Steigung des Herzschlagsignals ermittelt wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauer der aufeinander folgenden Segmente und/oder die Dauer der erwarteten Refraktärzeit des Herzens und/oder die Länge der vorgebbaren Zeitfenster um die detektierte R-Zacke (R) in Abhängigkeit der Herzfrequenz gewählt werden.
26. Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung wenigstens einer Vorrichtung, wobei ein Herzschlagsignal eines Probanden aufgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Herzschlagsignal eine Herzbelastungsdauer und/oder eine Herzerholungsdauer und/oder ein Herzbelastungsquotient und/oder ein Herzerholungsquotient gemäß einem der Ansprüche 1 bis 25 ermittelt wird, und dass bei Erfüllen eines vorgebbaren Steuer- und/oder Regelkriteriums wenigstens eine Einstellung der Vorrichtung von einer Steuer- und/oder Regeleinheit vorgebbar verändert wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine HVAC-Anlage ist, und dass Einstellungen der HVAC-Anlage derart abgeändert werden, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des Probanden steigt.
28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Lichtanlage und/oder eine Tonanlage ist, und dass Einstellungen der Lichtanlage und/oder der Tonanlage derart abgeändert werden, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des Probanden steigt.
29. Verfahren nach Anspruch 26, 27 oder 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Anlage zum vorgebbaren Freisetzen von Düften ist, und dass Einstellungen der Anlage zum vorgebbaren Freisetzen von Düften derart abgeändert werden, dass die Herzerholungsdauer und/oder der Herzerholungsquotient des Probanden steigt.
30. EKG-Gerät (1) mit wenigstens einem Eingang (2) für ein elektrisches und/oder magnetisches EKG-Signal (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Eingang (2) mit einer R-Zacken-Detektionseinheit (5) verbunden ist, dass ein Ausgang der R-Zacken-Detektionseinheit (5) mit einer Herzbelastungsdauer- und/oder Herzerholungsdauer- und/oder Herzbelastungsquotienten- und/oder Herzerholungsquotienten-Bestimmungseinheit (6) verbunden ist, welche vorzugsweise zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 29 ausgebildet ist.

**Hierzu 1 Blatt Zeichnungen**

1/1

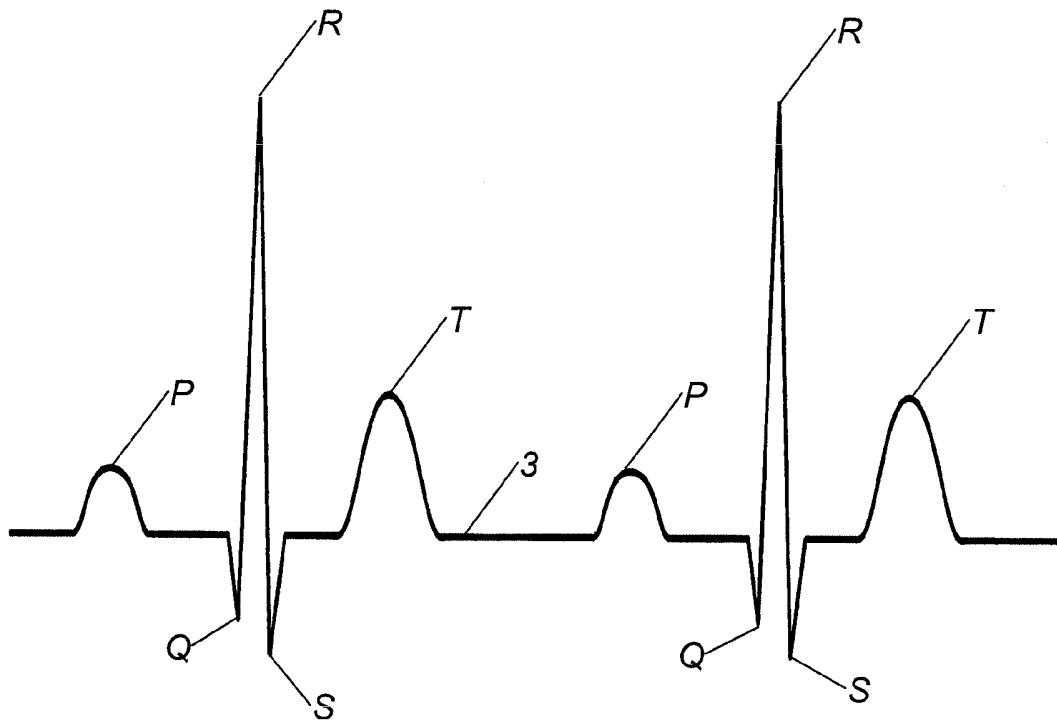


Fig. 1

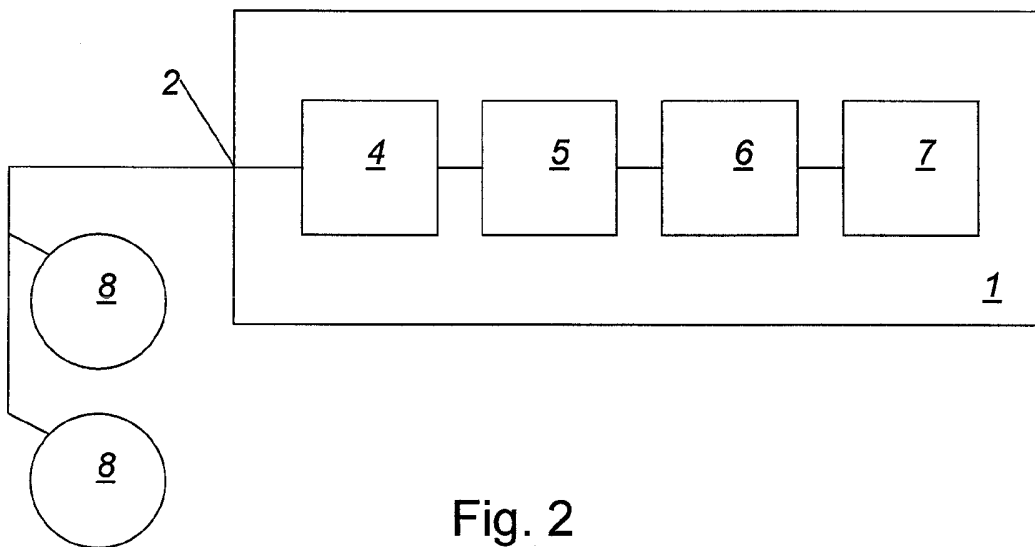


Fig. 2