



(10) **DE 10 2019 001 926 A1** 2020.09.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 001 926.1**

(22) Anmeldetag: **20.03.2019**

(43) Offenlegungstag: **24.09.2020**

(51) Int Cl.: **A61B 5/0488** (2006.01)

A61M 16/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Drägerwerk AG & Co. KGaA, 23558 Lübeck, DE

(72) Erfinder:
Petersen, Eike, 23552 Lübeck, DE; Kahl, Lorenz, 23558 Lübeck, DE; Rostalski, Philipp, 23562 Lübeck, DE; Eger, Marcus, 23562 Lübeck, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2015 011 390	A1
US	2009 / 0 229 611	A1

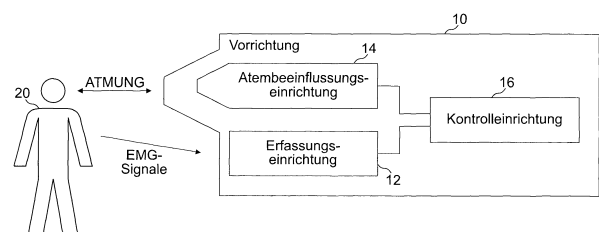
insight instruments – Was ist Biofeedback?
archiviert in <http://www.archive.org> am
09.04.18 URL: <https://web.archive.org/web/20180409201831/http://www.biofeedback.co.at/alles-ueber-biofeedback/was-ist-biofeedback>
[abgerufen am 10.03.2020]

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung, Verfahren und Computerprogramm zur Atmungsbeeinflussung einer Person**

(57) Zusammenfassung: Ausführungsbeispiele schaffen Vorrichtung, Verfahren und Computerprogramm zur Atmungsbeeinflussung einer Person. Die Vorrichtung (10) zur Atemmuskulaturbeeinflussung einer Person (20) umfasst eine Erfassungseinrichtung (12) zur Erfassung eines elektromyographischen Signals der Person; eine Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14), und eine Kontrolleinrichtung (16) zur Kontrolle der Erfassungseinrichtung (12) und der Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14), wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um basierend auf dem elektromyographischen Signal eine Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person (20) zu bestimmen, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus mit einer Trainingsintensität zu betreiben.



Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele beziehen sich auf eine Vorrichtung, ein Verfahren und ein Computerprogramm zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person, insbesondere aber nicht ausschließlich, auf ein Konzept für ein Atmungsmuskeltraining einer trainierenden Person oder eines Patienten basierend auf elektromyographischen Signalen seiner/ihrer Atemmuskulatur.

[0002] In der konventionellen Technik sind verschiedene Konzepte bekannt, die ein Training der Atemmuskulatur bewirken. Diese basieren in der Regel auf einer Sichtbarmachung einer Atemleistung, die die übliche Atemleistung überschreitet. Somit wird die trainierende Person zu einer verstärkten Atmung angeregt, die die Atemmuskulatur über den normalen Gebrauch hinaus stärkt. Weiter ist eine Erschwernis der Atmung bekannt, die zum Beispiel durch verengte Querschnitte von Mundstücken oder ähnlichem erreicht wird. Hierbei lassen sich die Erschwernis der Atmung in aller Regel einstellen, sodass von einer geringen Erschwernis der Atmung sich schrittweise immer höhere Widerstände für die Atmung einstellen lassen. Solcher Art Atemmuskeltraining ist sowohl für die Steigerung der Leistungsfähigkeit bei sportlichen Aktivitäten als auch für eine Genesungsunterstützung und zur Rehabilitation nach Krankheiten bekannt, bei denen die Atemmuskulatur geschwächt oder in Mitleidenschaft gezogen wurde.

[0003] Arten von Atemmuskeltraining (AMT) - (engl. Inspiratory Muscle Training - IMT) Grundsätzlich sind verschiedene Trainingsmodalitäten/-modi bekannt um ein Atemmuskeltraining durchzuführen. Die verschiedenen Trainingsmodalitäten unterscheiden sich teilweise in der Art des pneumatischen Eingriffs. Darüber hinaus haben die verschiedenen Trainingsmodalitäten auch teilweise verschiedene therapeutische Ziele. Während einige Trainingsmodalitäten eher die Verbesserung der Muskelstärke (engl. muscle strength) zur Aufgabe haben, haben andere Trainingsmodalitäten wiederum eher die Verbesserung der Ausdauer (engl. muscle endurance) zum Zweck. Einigen Trainingsarten/modi/modalitäten wird in der medizinischen Forschung auch nachgesagt, beiden Zielen zu dienen. Eine Übersicht verschiedener Trainingsarten/modi/modalitäten findet sich im Buch „Textbook of Pulmonary Rehabilitation“ im Kapitel „Inspiratory Muscle Training“ von Daniel Langer. Dazu sind insbesondere die Abschnitte 18.3.4 bis 18.3.7 und die Tabelle 18.3 von Interesse.

[0004] Bis auf den Sonderfall Normocapnic Hyperpnea haben diese Methoden die Gemeinsamkeit, dass in dem Atemweg ein passives Widerstandselement eingebracht wird. Zum Teil ist dieses Element geregelt/verstellbar. Im weiteren Sinne zählen dazu auch Flowbegrenzung, Okklusion sowie Druck-

begrenzung. Mit Passiv ist in diesem Fall gemeint, dass das Atemmuskeltrainingsgerät nicht selber einen Druck und/oder Volumenstrom erzeugt. Im elektrischen Ersatzschaltbild wäre das Atemmuskeltrainingsgerät ein passives Element (Widerstand, Potentiometer, ggf. hat der Widerstand besondere nichtlineare Spannungs- / Stromkennlinien, oder ist geregelt). Es handelt sich aber nicht um eine aktive Spannungs- oder Stromquelle (es wird keine Energie eingebracht). Für diese Art von Atemmuskeltraining mit einem pneumatischen Widerstand sind verschiedene Geräte kommerziell erhältlich. Teilweise handelt es sich dabei um mobile (handheld) Geräte, die der Patient / die zu trainierende Person selber vor den Mund hält, um dadurch zu atmen.

[0005] Darüber hinaus sind die Erfassung und Aufzeichnungen der Leistungsfähigkeit der Atemmuskulatur bekannt, insbesondere für den medizinischen Bereich. Wird zum Beispiel ein Patient künstlich beatmet, so wird die normalerweise von der Atemmuskulatur aufgebrachte mechanische Arbeit zumindest anteilig durch ein Beatmungsgerät übernommen. Dabei kann die Atemmuskulatur schon nach wenigen Stunden durch die andauernde Inaktivität geschädigt werden. So ist es oftmals nicht leicht, einen Patienten nach längerer künstlicher Beatmung wieder zu einer selbständigen Atmung zu überführen. Selbst wenn die ursprünglich zur Beatmung führende Erkrankung des Patienten nicht mehr vorliegt, ist es oft nicht möglich, den Patienten einfach vom Beatmungsgerät abzukoppeln. Die während der Inaktivität zurückgebildete Atemmuskulatur ist dann nicht einmal mehr in der Lage, die für den Patienten in Ruhe - das heißt inaktiv im Bett liegend - nötige Atemarbeit zu leisten.

[0006] US 2009/0229611 A1 beschreibt verschiedene Ansätze, wie ein Atemmuskeltraining für beatmete Patienten durchgeführt werden kann. Dabei wird beschrieben, wie ein solches Atemmuskeltraining in ein Beatmungsgerät integriert werden kann. Laut der Schrift besteht ein Defizit bereits bekannter Verfahren zum Atemmuskeltraining darin, dass dem Patienten nur am Anfang jedes Atemzuges eine definierte Anstrengung abverlangt wird. Es werden daher pneumatische Eingriffe in die künstliche Beatmung vorgestellt, bei denen sichergestellt ist, dass der Patient über dem gesamten Atemzug eine definierte Atemarbeit erbringen muss.

[0007] Im Gegensatz zu den vorgehend beschriebenen Geräten zum Atemmuskeltraining bietet ein Beatmungsgerät oftmals weitere und teilweise andere pneumatische Eingriffsmöglichkeiten. Entscheidend ist dabei, dass das Beatmungsgerät eine aktive Druck-/Volumenstromquelle darstellt. Zum einen ist es durch eine entsprechende Druck bzw. Volumenstromregelung der Quelle möglich, gegenüber dem Patienten einen entsprechenden pneumatischen Widerstand zu simulieren. Darüber hinaus bieten sich

aber durch die aktive Druck-/Flowquelle noch weitere Atemmuskelbelastungsmöglichkeiten. Ein Beispiel wäre z.B. die Regelung der vom Patienten selbst geleiteten Atemleistung auf einen konstanten Wert. Das Beatmungsgerät würde dann jeweils den darüber hinausgehenden Teil aktiv leisten oder (wenn eigentlich gar nicht so viel Atemleistung gebraucht wird, wie zu Trainingszwecken notwendig ist) entsprechende Obstruktionen/Erschwernisse/Widerstände einbringen. Für weitere Details eines Beatmungsgeräts verweisen wir auf die DE 10 2015 011 390 A1 und insbesondere auf **Fig. 4** und die zugehörige Beschreibung.

[0008] Eine weitere Besonderheit beim Atemmuskeltraining in Zusammenhang mit beatmeten Patienten ist auch der Fakt, dass die Atemmuskelbelastung zum Teil / in der Regel durch eine geringere Entlastung realisiert wird. Ein beatmeter Patient ist in der Regel nicht in der Lage, die selbst für den körperlichen Ruhezustand notwendige Atemarbeit selbst aufzubringen. Aus diesem Grund ist er/sie an ein Beatmungsgerät angeschlossen. Das Beatmungsgerät übernimmt die Atemarbeit des Patienten ganz oder zumindest teilweise und entlastet ihn/sie dadurch. In diesem Umfeld kann ein Atemmuskeltraining schon dadurch realisiert werden, dass die Entlastung temporär eingestellt oder vermindert wird. Somit stellt eine geringere Entlastung effektiv schon eine Belastung der Atemmuskulatur dar.

[0009] Zusätzlich sind bei einem beatmeten Patienten gegebenenfalls Beeinträchtigungen aus der aus der laufenden Beatmung zu berücksichtigen. Dazu zählen unter anderem Maximaldrücke, Mindestvolumina, etc. Außerdem sind während des Atemmuskeltrainings unter Umständen Alarmlimits anzupassen.

[0010] Die Publikation „Vorrichtung, Verfahren und Computerprogramm zur Beatmung eines Patienten“, DE 10 2015 011 390 A1, beschreibt ein Verfahren, bei dem die Unterstützung durch das Beatmungsgerät adaptiv auf den per EMG (Elektromyographie) ermittelten Fatiguezustand des Patienten angepasst wird. Ziel der Regelung ist es, den aus sEMG (englisch surface electromyography, Oberflächen-EMG) Aufnahmen abgeleiteten Fatigueindex des Patienten konstant zu halten. Im Fall eines steigenden Fatigueindex (höherer Grad von Fatigue) wird die Unterstützung durch das Beatmungsgerät erhöht. Dadurch sinkt die vom Patienten aufzubringende Atemarbeit und die Atemmuskulatur kann sich erholen. Im Fall eines sinkenden Fatigueindex wird die Unterstützung durch das Beatmungsgerät reduziert, sodass ein größerer Teil der Atemarbeit durch den Patienten selbst wahrgenommen werden muss.

[0011] „Surface Electromyography: Physiology, Engineering and Applications“ von Roberto Merletti und Dario Farina (2016, ISBN-13:978-1118987025) be-

schreibt eine Vielzahl möglicher Anwendungen des Oberflächen-EMGs in Rehabilitation und Training. Zu nennen sind beispielsweise die Überwachung des muskulären Erschöpfungsgrads, des Anteils verschiedener Muskelgruppen an einer Bewegung sowie von Trainings-induzierten Veränderungen des Muskelzustands. Ein weiteres prominentes Anwendungsfeld sind Biofeedback-Methoden, bei denen die visuelle Darstellung von EMG-basierenden Aktivierungsmaßen für den Patienten zur Steuerung und Optimierung des Trainings genutzt werden.

[0012] Die Gestaltung und Steuerung des Atemmuskeltrainings ausschließlich über respiratorische Parameter, die im Wesentlichen von der mechanischen Gesamtleistungsfähigkeit der respiratorischen Muskeln abhängen, berücksichtigt keine detaillierten Informationen über den Zustand der zu trainierenden Atemmuskulatur. Dies betrifft sowohl die Adaption des Trainings-Regimes, als auch die Auswertung der Trainings-Performance der Person oder des Patienten.

[0013] Bedingt durch die Tatsache, dass im Stand der Technik nur in sehr begrenztem Umfang Informationen über den Zustand der Muskeln zur Verfügung stehen, sind die bestehenden Verfahren auch nur in geringem Umfang adaptiv. Diese geringe Adaptivität betrifft sowohl die Möglichkeit, die Trainingslast innerhalb einer Trainingssession, in der der Trainingsmodus angewendet wird, anzupassen, als auch Anpassungen für die folgenden Trainingssessions. Beide können nicht optimal an den Erschöpfungs- beziehungsweise Erholungsgrad der Muskulatur angepasst werden; Über- oder Untertraining mit gravierenden Konsequenzen insbesondere für Personen oder Patienten an Trainings- und insbesondere an Beatmungsgeräten sind möglich. Optimales Training ist für ein gutes Entwöhnungs-Ergebnis (englisch Weaning) wichtig. Ein gutes Weaning wiederum ist grundlegend für ein gutes klinisches Ergebnis.

[0014] Die Interaktion zwischen trainierender Person oder Patient und Trainingsgerät (zum Beispiel ein Beatmungsgerät) ist aktuell in zweierlei Hinsicht nicht optimal: Einerseits erhält die trainierende Person/Patient während eines Trainings keine oder nur wenig Rückmeldung über seine aktuelle Performance in Bezug zur Ziel-Performance, was zu mangelnder Motivation und somit reduziertem Trainingserfolg und zu weniger koordinierter Anstrengung und somit beispielsweise Fehl-Belastungen führen kann, zum Beispiel zu unerwünscht starker expiratorische Aktivität. Andererseits ist es insbesondere dem Patienten aktuell nicht möglich, selbst Zeitpunkt und Schwierigkeitsgrad der Trainings-Sessions zu bestimmen; er ist somit fremdbestimmt, was ebenfalls starke negative Auswirkungen auf die Motivation des Patienten haben kann.

[0015] Entsprechend besteht Bedarf, den Erschöpfungs- beziehungsweise Erholungsgrad der Muskulatur vor, während und nach dem Training genauer zu erfassen und zur Planung und Überwachung der Trainingsphasen und zur Darstellung und Auswertung der Trainingsergebnisse zu berücksichtigen. Diesem Bedarf werden Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung nach Anspruch 1, eines Verfahrens nach Anspruch 21 und eines Computerprogramms nach Anspruch 22 gerecht.

[0016] Es wird daher ein unter Zuhilfenahme eines Atemmuskeltrainingsgeräts oder Beatmungsgeräts durchzuführendes Atemmuskeltraining vorgeschlagen. Anhand von EMG-Messungen werden Informationen über den Zustand eines Muskels generiert. Dabei wird einerseits davon ausgegangen, ein Beatmungsgerät als Trainingsgerät zu verwenden. Andererseits wird eine EMG basierte Muskelzustandsüberwachungseinheit auch mit üblichen Atemmuskeltrainingsgeräten (zum Beispiel Handheld-Geräte, die auch für die Heimanwendung geeignet sind) durchgeführt.

[0017] EMG-Messungen der Atemmuskulatur werden optional mit pneumatischen Signalen kombiniert, um eine umfassende Überwachung des Zustands der Atemmuskulatur zu ermöglichen, wodurch das Atemmuskeltraining besser patienten- oder personenindividuell adaptiert und überwacht werden kann. Pneumatischen Signalen umfassen:

- Drücke, Volumenströme (Flows) und daraus abgeleitete Größen wie z.B. Volumina oder Zeitprodukte (z.B. Pressure Time Product). Insbesondere sind das Paw (Atemwegsdruck am Patientenanschluss), Peep (Positiver endexpiratorischer Druck), P_{insp} (Inspirationsdruck), Patientenflow, Atemzugsvolumen, Minutenvolumen, pneumatische Lungenwiderstände, Lungenelastizität, Atemleistung, Zeitkonstanten der Atmung.
- Gaseigenschaften wie Konzentrationen, Partialdrücke, Fraktionen oder Temperaturen, insbesondere Sauerstoff O₂, Kohlendioxid CO₂, Wasser H₂O. Bei kapnographischen Signalen (CO₂) ist auch insbesondere der endtidale CO₂ (et-CO₂) zu nennen. In das Atemgas eingebrachte Stoffe (vernebelte Medikamente, Narkosemittel, Helium)
- Aus Druck und /oder Volumenströmen (Flow) und Gaseigenschaften abgeleitete Lungeneigenschaften wie z.B. Lungenvolumina

[0018] Die Einbeziehung von EMG vor, während und zwischen den einzelnen Trainingssessions ermöglicht die Berücksichtigung genauerer Informationen über den Zustand der zu trainierenden Muskeln. Dadurch kann der Ablauf des Trainings besser an die individuellen Personen- oder Patientenbedürfnis-

se angepasst werden. Darüber hinaus ermöglicht das Rückmelden der aus dem EMG gewonnenen Informationen an die/den trainierende Person/Patienten eine verbesserte Interaktion mit dem Trainingsgerät.

[0019] Entsprechend basieren Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung auf dem Kerngedanken, eine verbesserte Erfassung des Muskelzustandes der Atemmuskeln einer Person oder eines Patienten, der beatmet wird oder trainiert, zu erfassen. Der erfasste Muskelzustand dient der Planung und der Steuerung von Trainings zur Stärkung der Atemmuskeln, die bei Beatmung degenerieren oder zu erhöhter Leistungsfähigkeit der Atemmuskeln führen. Durch die Verwendung von Elektromyographie (EMG) ist eine genauere Erfassung der Muskelzustände möglich, die eine verfeinerte Trainingsparametrierung und -überwachung erlauben.

[0020] Es ist Gegenstand aktueller Forschung, wie die Abgewöhnung von künstlicher Beatmung (englisch weaning) möglichst erfolgreich durchgeführt werden kann. Eine in diesem Zusammenhang vorgeschlagene Maßnahme ist das Training der Atemmuskulatur durch Atemmuskeltraining (englisch inspiratory muscle training, IMT). Beim Atemmuskeltraining wird die Atemmuskulatur des Patienten durch Trainingssessions mit einer temporär erhöhten Last gefordert. Diese Trainingssessions sollen die Stärke beziehungsweise die Ausdauer der Atemmuskulatur wieder soweit fördern, dass der Patient wieder dauerhaft ohne Unterstützung atmen kann.

[0021] Da neben chronischer Unterforderung der Atemmuskulatur auch deren langfristige Überforderung schädlich für den Patienten oder der trainierenden Person ist, ist die Überwachung der Aktivität sowie des allgemeinen Zustandes der Atemmuskulatur kürzlich zunehmend in den Fokus klinischer Forschung gerückt.

[0022] Allgemein sind die Anforderungen an ein Atemmuskeltraining:

- Das Training sollte möglichst effektiv sein, um Person/Patienten möglichst schnell wieder das selbstständige Atmen zu ermöglichen.
- Das Atemmuskeltraining sollte möglichst nachhaltig sein. Es sollte verhindert werden, dass der Patient einen Rückfall erleidet und wieder an ein Beatmungsgerät angeschlossen werden muss.
- Das Atemmuskeltraining sollte so schonend wie möglich für den Patienten sein.
- Der Aufwand für das Krankenhaus sollte möglichst gering gehalten werden.

[0023] Diese Anforderungen lassen sich in engerem Sinne auch auf Rehabilitation beziehungsweise die

Entwöhnung von Patienten von Beatmungseinrichtungen, oder im weiteren Sinne auch auf das Training der Atemmuskulatur von Personen, insbesondere Sportlern, übertragen.

[0024] Auf Grundlage des EMG allein sowie gegebenenfalls in Kombination mit pneumatischen Daten und Informationen über die Physiologie des Atemsystems können verschiedene, therapeutisch relevante, Beobachtungen über den Zustand der Atemmuskulatur getätigt werden. Um umfangreiche Zustandsinformationen über die atemungsrelevante Muskulatur zu erhalten, ist es hilfreich, nicht nur eine sondern mehrere EMG-Ableitungen auszuwerten. Dazu gehören neben der Erfassung der Zwerchfell Aktivität auch EMG Messungen der Intercostalmuskulatur, weiterer Atemhilfsmuskulatur, sowie der Antagonisten (zum Beispiel Bauchmuskulatur, gerader Bauchmuskel (rectus abdominis)).

Amplitude

[0025] Anhand der EMG-Amplitude können beispielsweise folgende, klinisch relevante, Informationen bestimmt werden:

- o Ein physiologisch nicht sinnvolles Verhältnis der Aktivität von Intercostal- und Zwerchfellmuskulatur beziehungsweise allgemeiner dem Verhältnis zwischen den verschiedenen an der Atmung beteiligten Muskeln. Diese Muskelgruppenaufteilung kann auch getrennt jeweils für die Inspirations- als auch die Expirationsphase bestimmt werden.

- o Starke expiratorische Aktivität.
- o Antizyklische Aktivität (Asynchronie von Patient und Beatmungsgerät), beziehungsweise allgemeiner:

der zeitliche Verlauf der neuronalen Aktivierung der Atemmuskulatur innerhalb eines Atemzuges.

- o Thorakale Anspannung ohne Atmung, zum Beispiel beim Aufbäumen des Oberkörpers. Dabei ist sowohl das Zwerchfell, die Intercostal- und expiratorische Muskulatur aktiv. Dies können zum Beispiel Handlungsänderungen sein.

mechanische Belastung

[0026] In Kombination mit pneumatischen Messwerten können beispielsweise folgende Informationen über die mechanische Belastung des Atemsystems gewonnen werden:

- o Der zeitliche Verlauf der von der Person beziehungsweise vom Patienten aufgetragenen Atemleistung sowie der zeitliche Verlauf des vom Patienten aufgetragenen Drucks.

- o Der zeitliche Verlauf der insgesamt (von Person/Patient und Trainings-System gemeinsam aufgetragenen) am Atemsystem abfallenden Atemleistung,

- o Die maximal über der Lunge abfallende Druckdifferenz. Dazu gehört auch die maximale Kraft, der maximale Druck.

- o Berücksichtigung des Einflusses von antagonistischer Aktivität auf die Atemmuskulatur (zum Beispiel Bauchmuskulatur, gerader Bauchmuskel (rectus abdominis)).

[0027] Die über die Lunge abfallende Druckdifferenz beziehungsweise die Druckdifferenz, welche die Lunge „öffnet“, wird auch als Driving Pressure bezeichnet. Ist die Driving Pressure zu klein, wird die Lunge nicht hinreichend rekrutiert. Es kommt zum Kollaps von Alveolen. Ist die Driving Pressure zu groß, wird Lungengewebe evtl. überdehnt und so geschädigt.

außergewöhnliche Kontraktionen

[0028] Mittels verschiedener Signalverarbeitungsmethoden ist es weiterhin möglich, EMG-basierend außergewöhnliche Muskelkontraktionen wie zum Beispiel Krämpfe oder Husten oder Schluckauf zu detektieren.

Fatigue

[0029] Zudem kann aus dem EMG der Ermüdungszustand der Atemmuskulatur (Muskelfatigue) detektiert werden. Muskelfatigue ist ein Zustand, in dem die Muskulatur nur noch eingeschränkt dazu in der Lage ist, eine Kraft zu generieren oder aufrechtzuerhalten. Eine sich entwickelnde Muskelfatigue kann schon vor dem Zeitpunkt, an dem die Muskeln eine bestimmte Aufgabe nicht mehr leisten können, durch Veränderungen im EMG-Signal diagnostiziert werden. Dazu sind verschiedene Methoden bekannt aus dem EMG-Signal einen Fatigueindex zu berechnen, der den Grad eintretender Fatigue beschreibt. Verschiedene Verfahren zur Berechnung eines EMG basierten Fatigue-Index sind bekannt. Muskelfatigue kann dabei insbesondere auch in Abhängigkeit der Zeit sowohl innerhalb einer Session als auch über mehrere Sessions hinweg untersucht werden.

„innere“ Zustände

[0030] Schließlich können anhand von Signal-Klassifikationsalgorithmen EMG-basierend verschiedene pathologische Muskelzustände detektiert werden. Auch pathologische Zustände des gesamten Atemsystems (zum Beispiel Cheyne-Stokes-Atmung) können EMG-basierend detektiert werden. Zusätzliche EMG diagnostische Mittel sind Neuromuskuläre Effizienz sowie Muskelregeneration. Die Muskelregeneration kann zum Beispiel quantifiziert durch DOMS

(englisch Delayed Onset Muscle Sornes) quantifiziert werden. Die Muskelregeneration ist insbesondere auch bei der zeitlichen Planung des nächsten Trainings wichtig. Weitere Mittel sind Elektromuskulärer Delay sowie die Erfassung des Atrophierisikos.

Weitere Informationen, die beim EMG Signal mit anfallen

[0031] Im respiratorischen EMG Signal sind auch kardiogene EKG Signalanteile vorhanden. Die darin enthaltenen Informationen können ebenfalls ausgewertet und genutzt werden. Dies betrifft zum Beispiel den ganzen Körper betreffenden Stress. Dazu kann zum Beispiel die Herzfrequenz (heart rate) ermittelt werden. Zur Quantifizierung des Stresslevels eignet sich insbesondere die Herzratenvariabilität (engl. heart rate variability HRV).

[0032] Darüber hinaus ist es auch möglich einen Stresslevel aus der Übergangsimpedanz der Elektroden zu berechnen. Die mit erhöhtem Stress in Zusammenhang stehende Schweißbildung führt zu veränderten elektrischen Effekten an den Elektroden und lässt sich detektieren.

[0033] Im vorherigen Abschnitt wurden verschiedene Verfahren beschrieben mit denen EMG-basierend Informationen über den Zustand der Atemmuskulatur bestimmt werden können. Um diese Informationen im Rahmen eines Atemmuskeltrainings sinnvoll nutzen zu können, müssen diese Informationen bewertet, gewichtet und zusammengefasst werden. In diesem Rahmen werden die einzelnen Zustandsinformationen so verarbeitet, dass daraus Adaptionsempfehlungen für das Atemmuskeltraining generiert werden.

[0034] Die Zustandsverarbeitung findet in zwei parallelen Einheiten oder Modulen statt:

- Im Rahmen der Online-Analyse werden während einer laufenden Trainingssession mögliche Adaptionsschritte bestimmt, die sich sofort auf die laufende Trainingssession auswirken.
- Im Rahmen der Offline-Analyse wird jede Trainingseinheit rückwirkend ausgewertet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können von einer Planungseinheit bei der Planung der nächsten Trainingssession verwendet werden.

[0035] Im Kern lösen beide Einheiten eine Optimierungsaufgabe mit Nebenbedingungen: Durch Anpassung der Trainings-Intensität sowie des Trainings-Modus soll der Trainings-Nutzen maximiert werden, unter der Nebenbedingung, dass keine gesundheitsschädlichen Zustände der Muskeln oder des Atemsystems erreicht werden sollen. Das Ergebnis ist jeweils eine Empfehlung für die Wahl der Trainings-Intensität in der nächsten Zeiteinheit, wobei insbe-

sondere auch die Trainings-Historie berücksichtigt wird. Dabei kann insbesondere berücksichtigt werden, welchen Effekt bestimmte Trainings-Intensitäts-Niveaus oder Änderungen der Trainings-Intensität in der Vergangenheit auf die Person oder den Patienten hatten. Bei der Online-Analyseeinheit ist diese Empfehlung an die Trainingssteuerung gerichtet und soll sich umgehend auf die laufende Trainingssession auswirken. Im Fall der Offline-Analyse ist die Empfehlung an die Planungseinheit gerichtet und soll von ihr bei der Planung der nächsten Trainingssession einbezogen werden.

[0036] Ausführungsbeispiele schaffen eine Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person, mit einer Erfassungseinrichtung zur Erfassung eines elektromyographischen Signals der Person; einer Atmungsbeeinflussungseinrichtung; und einer Kontrolleinrichtung zur Kontrolle der Erfassungseinrichtung und der Atmungsbeeinflussungseinrichtung. Die Kontrolleinrichtung ist ausgebildet, um basierend auf dem elektromyographischen Signal eine Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person zu bestimmen. Die Kontrolleinrichtung ist ferner ausgebildet, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus mit einer Trainingsintensität zu betreiben. Vorteilhaft kann so der Trainingsmodus unter Berücksichtigung des Muskelzustandes geplant und auch während der Durchführung korrigiert werden.

[0037] In einigen weiteren Ausführungsbeispielen kann die Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person als Atemmuskeltrainingsgerät ausgebildet sein, das in Ausführungsbeispielen als mobiles Atemmuskeltrainingsgerät ausgebildet sein kann. Vorteilhaft kann so eine verbesserte Handhabung der Vorrichtung erreicht werden, die auch einen mobilen Einsatz unabhängig von Versorgungsnetzen erlaubt, zum Beispiel unabhängig vom Stromnetz oder in Heimanwendung betrieben werden kann.

[0038] In der Vorrichtung kann in weiteren Ausführungsbeispielen ferner die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um den Trainingsmodus als eine Erleichterung einer Atmung der Person zum Training der Atemmuskulatur auszuführen. Dadurch lässt sich vorteilhaft ein systematisches Training durchführen, bei dem insbesondere die Dauer oder die Intensität / Schwierigkeit zum Beispiel kontinuierlich gesteigert werden kann.

[0039] In einigen weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um im Trainingsmodus in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand eine Atembeeinflussung der Person durch die Atmungsbeeinflussungseinrichtung adaptiv anzupassen. Vorteilhaft kann durch die Anpassung des Trainingsmodus sowohl eine sich abzeich-

nende Überforderung als auch eine unnötige Unterforderung der trainierten Muskeln vermindert oder vollständig vermieden werden.

[0040] Beispielsweise kann in Ausführungsbeispielen die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet sein, um den Trainingsmodus hinsichtlich einer Trainingsdauer oder die Intensität / Schwierigkeit zu beeinflussen. Vorteilhaft ist die Belastung der trainierten Muskeln mit Hilfe dieser Parameter besonders effizient zu beeinflussen.

[0041] In manchen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um den Trainingsmodus in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand abbrechen. Vorteilhaft lässt sich somit eine Überforderung der zu trainierenden Muskeln vermeiden, die unter Umständen zu einer dauerhaften Schädigung der Muskeln führen kann.

[0042] In einigen Ausführungsbeispielen kann das Abbrechen des Trainingsmodus in Abhängigkeit von einem Signal durchgeführt werden. Das Signal kann Information über zumindest ein Element der Gruppe von einer Änderung/Abweichung in der Muskelgruppenaufteilung, einer expiratorischen Aktivität, einer inspiratorischen Aktivität, einer antizyklischen Aktivität, schädlichen Druckverhältnissen in der Lunge, anhaltenden Krämpfen, Husten oder Schluckauf, Muskelfatigue über einer als nicht tolerabel angesehenen Schwelle und Detektion von pathologischen Zuständen, die eine Person schädigen können, anzeigen. Vorteilhaft kann durch Überwachung der typischen Symptome eine nachteilige Wirkung auf die Person oder den Patienten effektiv erkannt und vermieden werden.

[0043] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um Parameter des Trainingsmodus und/oder Parameter einer Atmungsleistung der Person und/oder eine Information über den Muskelzustand während der Dauer des Trainingsmodus oder im Anschluss an den Trainingsmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung auszugeben. Vorteilhaft kann durch die ausgegebene Information die Motivation des Patienten gesteigert werden und/oder dem behandelnden Arzt oder Trainer Diagnosehinweise gegeben werden.

[0044] Beispielsweise kann die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet sein, um die Ausgabe optisch und/oder haptisch und/oder akustisch und bezogen auf eine Zielgröße für diese Person durchzuführen. Vorteilhaft kann so dem Patienten, dem behandelnden Arzt oder Trainer die auszugebende Information leicht erfassbar aufbereitet werden.

[0045] In manchen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um den Betrieb des Trainingsmodus der Atmungsbeeinflussungsein-

richtung durch die Person initiiert und/oder parametrierbar zu machen. Vorteilhaft kann so auf die Unterstützung von weiteren Personen zur Vorbereitung und Durchführung des Trainings verzichtet werden sowie das Training ideal an die Bedürfnisse des Patienten angepasst werden.

[0046] In einigen weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand den Trainingsmodus für einen vorgegebenen Zeitraum zu unterbrechen. Vorteilhaft kann so auf vorübergehende oder schwächere Überforderungen der zu trainierenden Muskelgruppe reagiert werden ohne das Training komplett abbrechen zu müssen.

[0047] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit von Signalen, die eine Intensität einer Fatigue und/oder eines Krampfs und/oder einer expiratorischen Aktivität anzeigen, zu ermitteln. Vorteilhaft können so die für das Wohlbefinden wesentlichen Parameter der Person oder des Patienten bei der Trainingsplanung und insbesondere bei der Trainingsdurchführung mit berücksichtigt werden.

[0048] Beispielsweise kann die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet sein, um eine akzeptable Zielintensität einer Fatigue und/oder eines Krampfes und/oder einer expiratorischen Aktivität zu ermitteln, wobei die akzeptable Zielintensität als zeitlich konstanter oder zeitlich veränderbarer Zielbereich oder Zielpunkt ausgebildet ist. Vorteilhaft kann so eine weitere Optimierung des Trainings erreicht werden, da eine gewisse Intensität der oben genannten Effekte während des Trainings vertretbar ist und keine Schäden verursacht.

[0049] In manchen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit von Signalen, die Informationen über das Zwerchfell und/oder die Intercostalmuskulatur und /oder Antagonisten umfassen, und/oder weiterer Atemhilfsmuskulatur, die in Ausführungsbeispielen als Sternocleidomastoideus ausgebildet sein kann, zu ermitteln. Vorteilhaft kann durch die Berücksichtigung dieser weiteren Parameter eine Überforderung der Person oder des Patienten besser vermieden werden und eine Haltungsänderung des Patienten von Atemmuskelanomalitäten unterschieden werden.

[0050] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit eines pneumatischen Signals zu ermitteln. Vorteilhaft kann die Atmungsbeeinflussungseinrichtung somit weitere wesentliche Parameter des Personen- oder Patientenzustands berücksichtigen, was die Progno-

sesicherheit des Muskelzustandes steigert und die Ermittlung weiterer Informationen über den Muskelzustand ermöglicht. Dies ermöglicht insbesondere die Bestimmung der Neuromuskulären Effizienz (Verhältnis Pmus/EMG), welche aktuell viel untersucht und erforscht wird. Weiterhin ermöglicht dies die Bestimmung der weiter oben erwähnten „Druckverhältnisse in der Lunge“.

[0051] In einigen weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ausgebildet sein, um bei der Ermittlung der Information über den Muskelzustand für zumindest einige Signale eine Bewertung, Gewichtung und Zusammenfassung durchzuführen. Der Trainingsmodus wird in Abhängigkeit der zusammengefassten Signale ermittelt. Vorteilhaft können somit für die Person oder den Patienten besonders wichtige Parameter stärker gewichtet werden oder unwichtige Parameter weniger oder gar nicht gewichtet werden. Somit lässt sich die Atmungsbeeinflussungseinrichtung besser auf den Zustand der Person/des Patienten einstellen.

[0052] Beispielsweise kann die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet sein, um ein Diagnosemanöver über den Muskelzustand der Person durch gezielte Belastung durchzuführen. Dabei kann in Ausführungsbeispielen das Diagnosemanöver eine zeitlich beschränkte, vom normalen Modus abweichende, vorgegebene Steuerung der Atembeeinflussungseinrichtung umfassen. Vorteilhaft lässt sich somit eine weitere Betriebsart der Vorrichtung nutzen, die zum Beispiel der Einstellung der Trainingsparameter bei einer Person dienen kann oder dem behandelnden Arzt die Diagnose erleichtert, sowie die Präzision der Bestimmung der Information über den Muskelzustand noch weiter erhöhen kann.

[0053] In manchen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet sein, um die Ergebnisse des Diagnosemanövers und/oder eine Information über den Muskelzustand und/oder Parameter einer Atmungsleistung, optional jeweils bezogen auf Zielvorgaben für die Person, auszugeben und/oder Parameter des Trainingsmodus auszugeben. Vorteilhaft kann so ein Soll/Ist-Vergleich durch die trainierende Person, den Trainer, den Patienten oder dem behandelnden Arzt durchgeführt werden, der in Bezug auf einen Trainingsplans ermittelt werden kann.

[0054] Ausführungsbeispiele schaffen weiter eine Atemvorrichtung zur Beatmung einer Person umfassend eine Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung der Person nach einem der vorherigen Ausführungsbeispiele, wobei die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet ist, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand zu einem ersten Zeitpunkt in einem Normalmodus mit einer ersten Trainingsintensität und zu ei-

nem zweiten Zeitpunkt in einem Trainingsmodus mit einer zweiten Trainingsintensität zu betreiben. Ferner ist die Kontrolleinrichtung ausgebildet, um den Trainingsmodus und die zweite Trainingsintensität während des Normalmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand für zukünftige zweite Zeitpunkte anzupassen. Vorteilhaft kann die Vorrichtung somit alternativ zur Beatmung von Patienten und zum Training genutzt werden, was zumindest Apparatekosten spart, da viele Komponenten, zum Beispiel die EMG-Sensoren, Mundstücke etc. gemeinsam genutzt werden können.

[0055] In einigen weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung ferner ausgebildet sein, um den Trainingsmodus als eine zeitlich begrenzte Veränderung einer Atmungsunterstützung der Person zum Training der Atemmuskulatur der Person auszuführen. Vorteilhaft kann so ein Trainingsmodus zum Wiederaufbau der Atemmuskulatur in die Beatmungsphasen eingefügt werden, da sich die Atemmuskulatur bei Beatmung des Patienten bereits nach kurzer Zeit zurückbildet und ein Atmen ohne die Vorrichtung gegebenenfalls nicht mehr ausreichend möglich ist.

[0056] Ausführungsbeispiele schaffen weiter ein Verfahren zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person, umfassend ein Erfassen eines elektromyographischen Signals der Person; ein Erzeugen einer Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person basierend auf dem elektromyographischen Signal; ein Betrieb einer Atmungsbeeinflussungseinrichtung in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus. Vorteilhaft kann so der Trainingsmodus unter Berücksichtigung des Muskelzustandes geplant und auch während der Durchführung korrigiert werden.

[0057] Ausführungsbeispiele schaffen darüber hinaus ein Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens des vorherigen Ausführungsbeispiels, wenn der Programmcode auf einem Computer, einem Prozessor oder einer programmierbaren Hardwarekomponente ausgeführt wird. Vorteilhaft kann so der Trainingsmodus unter Berücksichtigung des Muskelzustandes geplant und auch während der Durchführung korrigiert werden.

[0058] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden nachfolgend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele, auf welchen Ausführungsbeispiele generell jedoch nicht insgesamt beschränkt sind, näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer vereinfachten Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person;

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eine mit einer Person verbundene Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung eines Patienten;

Fig. 3 zeigt ein Prinzip-Schaubild zur Bestimmung eines akzeptablen Intensitätsbereiches für verschiedene Parameter inklusive einer Präferenzgewichtung;

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer vereinfachten Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person mit Ein- und Ausgabereinrichtung;

Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer verfeinerten Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person;

Fig. 6 ein verfeinertes Blockschaltbild des Zusammenspiels der Module der Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung während einer Trainingssession;

Fig. 7 ein Verfahren Atemmuskelbeeinflussung;

Fig. 8 ein Atemarbeit-Diagramm;

Fig. 9A eine Anzeige mit Bildschirmdarstellungen von Ergebnissen von Trainingssitzungen;

Fig. 9B eine Anzeige von Details einer Trainingssitzung; und

Fig. 10 ein verfeinertes Blockdiagramm einer Muskelzustandsüberwachungseinheit.

[0059] Verschiedene Ausführungsbeispiele werden nun ausführlicher unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen einige Ausführungsbeispiele dargestellt sind.

[0060] Bei der nachfolgenden Beschreibung der beigefügten Figuren, die lediglich einige exemplarische Ausführungsbeispiele zeigen, können gleiche Bezugszeichen, gleiche oder vergleichbare Komponenten bezeichnen. Ferner können zusammenfassende Bezugszeichen für Komponenten und Objekte verwendet werden, die mehrfach in einem Ausführungsbeispiel oder in einer Zeichnung auftreten, jedoch hinsichtlich eines oder mehrerer Merkmale gemeinsam beschrieben werden. Komponenten oder Objekte, die mit gleichen oder zusammenfassenden Bezugszeichen beschrieben werden, können hinsichtlich einzelner, mehrerer oder aller Merkmale, beispielsweise ihrer Dimensionierungen, gleich, jedoch gegebenenfalls auch unterschiedlich ausgeführt sein, sofern sich aus der Beschreibung nicht etwas anderes explizit oder implizit ergibt.

[0061] Obwohl Ausführungsbeispiele auf verschiedene Weise modifiziert und abgeändert werden kön-

nen, sind Ausführungsbeispiele in den Figuren als Beispiele dargestellt und werden hierin ausführlich beschrieben. Es sei jedoch klargestellt, dass nicht beabsichtigt ist, Ausführungsbeispiele auf die jeweils offenbarten Formen zu beschränken, sondern dass Ausführungsbeispiele vielmehr sämtliche funktionale und/oder strukturelle Modifikationen, Äquivalente und Alternativen, die im Bereich der Erfindung liegen, abdecken sollen.

Man beachte, dass ein Element, das als mit einem anderen Element „verbunden“ oder „verkoppelt“ bezeichnet wird, mit dem anderen Element direkt verbunden oder verkoppelt sein kann oder dass dazwischenliegende Elemente vorhanden sein können. Wenn ein Element dagegen als „direkt verbunden“ oder „direkt verkoppelt“ mit einem anderen Element bezeichnet wird, sind keine dazwischenliegenden Elemente vorhanden. Andere Begriffe, die verwendet werden, um die Beziehung zwischen Elementen zu beschreiben, sollten auf ähnliche Weise interpretiert werden (zum Beispiel, „zwischen“ gegenüber „direkt dazwischen“, „angrenzend“ gegenüber „direkt angrenzend“ usw.).

[0062] Die Terminologie, die hierin verwendet wird, dient nur der Beschreibung bestimmter Ausführungsbeispiele und soll die Ausführungsbeispiele nicht beschränken. Wie hierin verwendet, sollen die Singularformen „einer“, „eine“, „eines“ und „der, die, das“ auch die Pluralformen beinhalten, solange der Kontext nicht eindeutig etwas anderes angibt. Ferner sei klargestellt, dass die Ausdrücke wie zum Beispiel „beinhaltet“, „beinhaltend“, „aufweist“, „umfasst“, „umfassend“ und/oder „aufweisend“, wie hierin verwendet, das Vorhandensein von genannten Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsabläufen, Elementen und/oder Komponenten angeben, aber das Vorhandensein oder die Hinzufügung von einem beziehungsweise einer oder mehreren Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsabläufen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon nicht ausschließen.

[0063] Solange nichts anderes definiert ist, haben sämtliche hierin verwendeten Begriffe (einschließlich von technischen und wissenschaftlichen Begriffen) die gleiche Bedeutung, die ihnen ein Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet, zu dem die Ausführungsbeispiele gehören, beimisst. Ferner sei klargestellt, dass Ausdrücke, zum Beispiel diejenigen, die in allgemein verwendeten Wörterbüchern definiert sind, so zu interpretieren sind, als hätten sie die Bedeutung, die mit ihrer Bedeutung im Kontext der einschlägigen Technik konsistent sind, und nicht in einem idealisierten oder übermäßig formalen Sinn zu interpretieren sind, solange dies hierin nicht ausdrücklich definiert ist.

[0064] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele für EMG-basierendes Atemmuskeltraining beschrieben.

[0065] Fig. 1 illustriert ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 10 zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person 20, mit einer Erfassungseinrichtung 12 zur Erfassung eines elektromyographischen Signals der Person; einer Atmungsbeeinflussungseinrichtung 14; und einer Kontrolleinrichtung 16 zur Kontrolle der Erfassungseinrichtung 12 und der Atmungsbeeinflussungseinrichtung 14. Die Kontrolleinrichtung 16 ist ausgebildet, um basierend auf dem elektromyographischen Signal eine Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person zu bestimmen. Die Kontrolleinrichtung 16 ist ferner ausgebildet, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung 14 in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus mit einer Trainingsintensität zu betreiben.

[0066] Die Erfassungseinrichtung 12 kann beispielsweise ein oder mehrere Sensoren, Sensorelemente, Elektroden oder Elektrodenpaare, wie Nadeln, Feindraht, Elektroden, Oberflächenelektroden, Drucksensoren, Volumensensoren, Durchflusssensoren, Gaskonzentrationssensoren, usw. umfassen, die entsprechende Sensorsignale oder Information liefern. In manchen Ausführungsbeispielen können die jeweiligen Sensoren gegebenenfalls mit entsprechender Auswerteelektronik gekoppelt sein und entsprechend aufbereitete, zum Beispiel verstärkte oder gefilterte Signale, bereitstellen.

[0067] Weiter kann die Erfassungseinrichtung in Ausführungsbeispielen einen Verstärker mit Analog / Digital-Wandler umfassen. Ergänzend kann in Ausführungsbeispielen eine Vorverarbeitung der EMG Signale stattfinden, die eine Grundlinienfilterung (englisch Baselinefilter) zur Offset-Entfernung, eine Entfernung von EKG-Artefakten und/oder eine Entfernung von Stromversorgungs- (englisch Powerline) Artefakten (50/60Hz) umfassen kann.

[0068] Die Vorrichtung 10 umfasst ferner die Atembeeinflussungseinrichtung 14. Die Atembeeinflussungseinrichtung 14 kann beispielsweise eine Erschwernis der Atmung bewirken, die durch verengte Querschnitte oder gesteuerte Klappen oder dergleichen bewirkt wird. Der Grad der Erschwernis ist einstellbar von leichter bis zu maximaler Erschwernis der Atmung. Des Weiteren kann die Atembeeinflussungseinrichtung 14 Sensoren umfassen, die das Maß der Atemerschwernis erfassen und in Signale umwandeln. Darüber hinaus kann die Atembeeinflussungseinrichtung 14 auch pneumatische Parameter erfassen, etwa die Menge und die Geschwindigkeit der ein- beziehungsweise ausgeatmeten Atemluft der Person oder des Patienten.

[0069] Die Atembeeinflussungseinrichtung 14 umfasst beispielsweise zumindest eine der Komponenten eines Inspirations- und eines Expirationsteils. Der Inspirationsteil stellt dem Patienten 20 das Gasgemisch oder die Umgebungsluft zur Einatmung zur Verfügung. Das Gasgemisch weist optional zwei Gasanschlüsse (für Sauerstoff und Druckluft) auf, die an eine lokale Gasversorgungseinheit angeschlossen sein können. Alternativ können die Gasanschlüsse auch an eine zentrale Gasversorgung angeschlossen werden. In der nachfolgenden Gasmischeinheit kann ein Luft-Sauerstoff-Gemisch mit einem bestimmten Sauerstoffanteil bereitgestellt werden. Das Gas wird durch das Inspirationsventil dem Patienten zur Verfügung gestellt. Dem Inspirationsventil ist eine Flowmessung (Durchflussmessung) vorweggeschaltet. Außerdem wird der Druck von der Erfassungseinrichtung beispielsweise mittels eines Drucksensors nach dem Ventil gemessen.

[0070] Wie die Fig. 1 weiter zeigt, umfasst die Vorrichtung 10 darüber hinaus eine Kontrolleinrichtung 16, die mit der Erfassungseinrichtung 12 und der Atembeeinflussungseinrichtung 14 gekoppelt ist.

[0071] Die Kontrolleinrichtung 16 kann einem beliebigen Controller oder Prozessor oder einer programmierbaren Hardwarekomponente entsprechen. Beispielsweise kann die Kontrolleinrichtung 16 auch als Software realisiert sein, die für eine entsprechende Hardwarekomponente programmiert ist. Insofern kann die Kontrolleinrichtung 16 als programmierbare Hardware mit entsprechend angepasster Software implementiert sein. Dabei können beliebige Prozessoren, wie Digitale Signal-Prozessoren (DSPs), zum Einsatz kommen. Ausführungsbeispiele sind dabei nicht auf einem bestimmten Typ von Prozessoren eingeschränkt. Es sind beliebige Prozessoren oder auch mehrere Prozessoren zur Implementierung der Kontrolleinrichtung 16 denkbar.

[0072] Der Trainingsmodus für das Atemmuskeltraining kommt in einer Trainingssession zur Anwendung. Jede der Trainingssessions besteht aus einer anfänglichen Analysephase und der darauf folgenden Trainingsphase. Der Trainingsmodus hat die Stärkung der Atemmuskulatur zur Aufgabe, die in vielfältiger Weise erreicht werden kann.

[0073] Weiter kann die Kontrolleinrichtung 16 in Ausführungsbeispielen auch eine (in Fig. 1 nicht gezeigte) Planungseinheit 30 umfassen. Diese plant die nächste Trainingssession. Sollte die Planungseinheit 30 dem Training entgegenstehende Informationen zum Muskelzustand erhalten, kann die folgende Trainingsphase auch aufgeschoben werden, beziehungsweise entfallen. Bei wiederkehrenden Trainingssessions können anstelle einer weiteren Analysephase auch die Daten der vorhergehenden Trainingsphase herangezogen werden.

[0074] Während der Trainings-Session/dem Trainingsmodus wird die von der Planungseinheit **30** bestimmte Trainingsaufgabe durchgeführt. Eine in **Fig. 1** nicht gezeigte Muskelzustandsüberwachungseinheit **174** der Kontrolleinrichtung **16** hat dabei die Aufgabe, permanent den Zustand des Patienten und insbesondere der Muskeln zu überwachen und Empfehlungen für die Adaption von Trainings-Modus, -Intensität und -Dauer zu geben.

[0075] Als Muskelzustände können insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt werden: Fatigue, Neuromuskuläre Effizienz, Muskelregeneration (zum Beispiel quantifiziert durch DOMS (englisch Delayed Onset Muscle Sornes)), elektromuskulärer Delay, Atrophierisiko, Änderung/Abweichung in der Muskelgruppenaufteilung, einer expiratorischen Aktivität, einer inspiratorischen Aktivität, einer antizyklischen Aktivität, schädliche Druckverhältnisse in der Lunge, anhaltende Krämpfe, Husten oder Schluckauf, Muskelfatigue über einer als nicht tolerabel angesehenen Schwelle, Neuomechanischer Wirkungsgrad und Maximalkraft sowie Detektion von pathologischen Zuständen, die den Muskel schädigen.

[0076] Elektromyographische Signale werden durch Sensorelemente erfasst, die an der Person oder dem Patienten angeordnet werden. Diese Sensorelemente übermitteln ihre Daten an die Vorrichtung **10**, die per Leitungsverbindung, Funkverbindung, optische Verbindung oder Infrarotverbindung etc. erfolgen kann oder auch eine Mischung der genannten Übertragungsverfahren umfassen kann. Dargestellt ist eine Leitungsverbindung.

[0077] Das elektromyographische Signal, oder auch die elektromyographische Ableitung, kann invasiv oder nicht-invasiv erfolgen. Dabei kann beispielsweise die EMG-Aktivität eines oder mehrerer Atemmuskeln oder Atemhilfsmuskeln, zum Beispiel des Zwerchfells, der Zwischenrippenmuskulatur (lat. musculus intercostalis) und/oder der Atemhilfsmuskulatur abgenommen oder erfasst werden. Die Erfassungseinrichtung **12** kann dann eines der oben genannten Sensorelemente umfassen, das zur invasiven oder nicht-invasiven, also oberflächlichen, Erfassung des elektromyographischen Signals an der äußeren Hautoberfläche oder mittels der äußeren Hautoberfläche des Patienten **20** ausgebildet ist. Beispielsweise können an der Hautoberfläche der Person oder des Patienten Oberflächenelektroden oder Elektrodenpaare angebracht werden, um das elektromyographische Signal zu erfassen. Das Signal kann dann an der äußeren Hautoberfläche, d.h. außen an der Person oder am Patienten, außerhalb der Körperöffnungen wie Mund, Nase, Ohren, Rektum, ohne Intubieren, erfasst werden. In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist das elektromyographische Signal ein differentielles oberflächenerfasstes Signal, das eine Information über eine respiratorische Aktivität

zumindest eines Atemmuskels des Patienten umfasst. Bei trainierenden Personen wird die nicht-invasive Kopplung bevorzugt.

[0078] **Fig. 2** illustriert die Vorrichtung **10** zur Atemmuskulaturbeeinflussung in ein Ausführungsbeispiel als Atemmuskulaturtrainingsgerät **22** zum Handgebrauch. Das kann als mobiles Atemmuskulaturtrainingsgerät **22** ausgebildet sein. Des Weiteren zeigt **Fig. 2** die Kopplung zwischen der Person oder dem Patienten und der Vorrichtung **10**. Diese Kopplung umfasst eine pneumatische Kopplung, bei der der Atem der Person oder des Patienten durch die Vorrichtung geleitet wird. Dies kann die expiratorische als auch die inspiratorische Atmungsaktivität umfassen. Die Atembeeinflussungseinrichtung **14** wird an eine Person **20** oder einen Patienten **20** mittels pneumatischer Strukturen, wie Schläuchen, Masken, Ventilen, Verzweigungen, (Endotracheal-)Tubus, usw. angeschlossen.

[0079] Als mobiles Atemmuskulaturtrainingsgerät kann in Ausführungsbeispielen ein tragbares Gerät verstanden werden, das unabhängig von stationär verfügbaren Elementen wie Strom, Pressluft, Sauerstoff oder Kopplungselementen zu anderen Maschinen einsetzbar ist. Es hat typischerweise einen Handgriff oder eine entsprechende Gehäuseausprägung, bei der es bei der Nutzung und gegebenenfalls auch beim Transport gehalten werden kann. Auch das Gewicht macht sie gut tragbar und übersteigt fünf Kilogramm nicht. Es ist mit Aus-/Ausgabeeinrichtungen ausgestattet, die die Bedienung der Vorrichtung und das Auslesen diverser Parameter erlauben.

[0080] Die (nicht gezeigte) Energieversorgung des mobilen Atemmuskulaturtrainingsgeräts **22** wird durch herkömmliche mobile Energiequellen sichergestellt, zum Beispiel durch wieder aufladbare und/oder wechselbare Akkumulatoren. Weiter hat das mobile Atemmuskulaturtrainingsgerät **22** eine (nicht gezeigte) Ein-/Ausgabeeinrichtung zu seiner Bedienung und zur Ausgabe von Informationen. Darüber hinaus kann in Ausführungsbeispielen ein Speicher zur Speicherung von Parametern und/oder früheren Trainingsergebnissen vorhanden sein.

[0081] In weiteren nicht in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispielen wird der Trainingsmodus als eine zeitlich begrenzte Erschwernis der Atmung der Person oder des Patienten **20** zum Training der Atemmuskulatur ausgeführt. Entsprechend können in Ausführungsbeispielen neben Parametern der Erschwernis der Atmung auch Parameter für die Dauer und den Verlauf des Trainings vorgegeben werden. Diese Trainingsverläufe sind in der Vorrichtung **10** auch speicherbar, anzeigbar und/oder veränderbar.

[0082] Die Erschwernis des Atmens wird durch pneumatische Strukturen erreicht, die durch vereng-

te Querschnitte oder gesteuerte Klappen, luftdurchlässige Membranen oder dergleichen in Atemröhren bewirkt wird, die die Person oder der Patient in den Mund nimmt oder die mit entsprechenden Mundstücken verbunden sind. Der Grad der Erschwernis ist einstellbar von leichter bis zu maximaler Erschwernis der Atmung. Zusätzlich ist die Erschwernis von der Atemgeschwindigkeit abhängig. So wird bei vorgegebenem Querschnitt der pneumatischen Einrichtung bei hoher Luftgeschwindigkeit des Atems eine höhere Erschwernis auftreten als bei niedrigerer Luftgeschwindigkeit des Atems. Entsprechend können Sensoren in der pneumatischen Einrichtung die Luftgeschwindigkeit des Atems feststellen und berücksichtigen diese beim Einstellen der mechanischen Elemente zur Atemerschwernis.

[0083] Als Atemerschwernis kann auch als eine Verminderung der Atemunterstützung verstanden werden, die in Ausführungsbeispielen durch ein Beatmungsgerät zur Verfügung gestellt werden kann. Diese Verminderung kann in Ausführungsbeispielen zu einer Restatemunterstützung führen, die aber bereits als Training für den Patienten wirkt. Entsprechend ist in Ausführungsbeispielen eine Atemerschwernis nicht auf eine Erschwernis der Atmung bezogen auf eine freie Atmung ohne Beatmungsgerät beschränkt. Statt dessen kann das Training darüber hinaus als freie Atmung, also als Atmung ohne Beatmungsgerät oder auch als reduzierte Atembelastung ausgeführt sein, die ausgehend von einer geringen Atemunterstützung durch ein Beatmungsgerät im Training nunmehr eine geringe Erschwernis umfasst, wobei die Erschwernis sich aus dem Entfall der Unterstützung und der tatsächlichen Atemerschwernis ergibt.

[0084] In Ausführungsbeispielen kann der Trainingsmodus in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand eine Atembeeinflussung der Person oder des Patienten **20** durch die Atmungsbeeinflussungseinrichtung **14** adaptiv angepasst werden. Alternativ können in Ausführungsbeispielen auch die Druckverhältnisse in der Lunge, insbesondere die „Driving Pressure“, bestimmt aus EMG+Pneumatik, zur Adaption berücksichtigt werden. Diese Anpassung findet während des Trainings statt per Online-Analyse und/oder im Anschluss an das Training per Offline-Analyse.

[0085] Die folgenden Schritte werden im Rahmen der Online-Analyse atemzugsweise durchgeführt. Die Intensität kann optional atemzugsweise optimiert und angepasst werden. Ausnahmen bilden die Erkennung von Abbruchkriterien und der Durchführung des resultierenden Abbruchs, welche jederzeit auch innerhalb eines Atemzugs erfolgen können.

Schritt 1: Empfehlungen basierend auf einzelnen Beobachtungen

[0086] Im ersten Schritt der Online-Analyse wird entsprechend des Resultats jedes der EMG-basierenden Zustandssignale jeweils eine Empfehlung für den weiteren Trainingsverlauf generiert, der in diesem Schritt noch unabhängig von den übrigen Zustandssignalen ist.

[0087] Im Rahmen der Bewertung wird für jedes Zustandssignal überprüft, ob die Muskeln in einen Zustand kommen, in dem ein weiteres Training nicht sinnvoll ist - in einem solchen Fall würde ein Abbruch-Flag generiert werden. Kriterien für einen Abbruch sind beispielsweise:

- Eine sehr starke Änderung/Abweichung in der Muskelgruppeneinteilung. Ein möglicher Fall wäre zum Beispiel, wenn der Anteil der durch das Zwerchfell aufgebrauchten Muskelarbeit unter einen geringen Prozentsatz in Bezug auf die Gesamtmuskelarbeit fällt;
- Sehr starke expiratorische Aktivität;
- Sehr starke antizyklische Aktivität;
- Schädliche Druckverhältnisse in der Lunge, die beispielsweise mittels einer EMG-basierenden Schätzung der Druckverhältnisse im Atemsystem zu detektieren sind.
- Anhaltende Krämpfe oder Husten oder Schluckauf;
- Muskelfatigue über einer als nicht tolerabel angesehenen Schwelle;
- Detektion von pathologischen Zuständen, die den Muskel schädigen können.

[0088] Bei Zuständen, die voraussichtlich nur kurzfristig anhalten, zum Beispiel vereinzelte Krämpfe oder Husten oder kurzfristig auftretende antizyklische Aktivität, ist es auch möglich, anstelle des Abbruch-Flags mit einem Pause-Flag, eine kleine Pause von einigen Minuten zu empfehlen, bevor das Training erneut gestartet wird.

[0089] Neben der Detektion von Situationen, die einen Trainingsabbruch oder eine Trainingspause nahelegen, ist die Hauptaufgabe der Bewertungseinheiten, aus jedem Zustandssignal eine zu empfehlende Trainingsintensität abzuleiten. Um die Konsensfindung aus den verschiedenen Zustandssignalen zu ermöglichen, wird dabei nicht nur eine konkrete, bevorzugte Trainingsintensität bestimmt, sondern ein akzeptabler Intensitätsbereich ausgegeben, welcher entsprechend der Übereinstimmung mit den Anforderungen des jeweiligen Zustands gewichtet sein kann. Unbedingt zu vermeidende Intensitäts-Bereiche können dabei mit einem Gewicht von Null fest ausgeschlossen werden. So könnte beispielsweise das Re-

sultat der Fatigue-Analyse sein, dass der Muskel aktuell nicht erschöpft ist, also sowohl eine Erhöhung als auch eine Senkung der Trainingsintensität prinzipiell akzeptabel ist. Gleichzeitig könnte die Analyse der relativen Aktivierung von Zwerchfell und Inter-costalmuskulatur ergeben, dass das Verhältnis der beiden zueinander aktuell nicht optimal ist, aber auch noch nicht kritisch. Zu bevorzugen wäre also eine leichte Reduktion der Intensität; eine leichte Steigerung wäre ebenfalls akzeptabel, aber eher nicht wünschenswert. Die Gewichtung ist auf verschiedene Weisen realisierbar, beispielsweise mittels Repräsentation als unscharfe Mengen (englisch „Fuzzy Sets“) beziehungsweise Fuzzylogik.

[0090] Bei der Bestimmung der Intensitäts-Empfehlungen kann insbesondere auch der vorherige Trainingsverlauf berücksichtigt werden, um mittels Vergleich mit vergangenen Trainingsverläufen abzuschätzen, welche Auswirkung eine Intensitätsänderung einer bestimmten Größe auf die verschiedenen Muskelzustandsparameter haben könnte.

[0091] Schritt 2: Gewichtung der auf den einzelnen Beobachtungen basierenden Empfehlungen
Im zweiten Schritt der Online-Analyse werden die Empfehlungen der verschiedenen Beobachtungseinheiten relativ zueinander gewichtet, um den Einfluss der verschiedenen Beobachtungen auf die finale Intensitäts-Empfehlung zu steuern. So könnte beispielsweise der Krampf-Detektion ein größerer Einfluss auf die finale Empfehlung eingeräumt werden als der Fatigue-Erkennung. Fehlende Zustandsinformationen können im Rahmen der Gewichtung unberücksichtigt bleiben (Gewicht: Null). In Ausführungsbeispielen kann ein Benutzer in **Fig. 9B-1** (Teil D, Trainingsdetails) sowohl der akzeptable Wertebereich als auch die Gewichtung über die grafische Benutzeroberfläche beeinflussen und somit die Trainingsbewertung parametrieren.

[0092] Die Gewichte der einzelnen Beobachtungen können dabei abhängig von allen übrigen Beobachtungen sein - so ist beispielsweise die Berücksichtigung der EMG-Magnituden beim Auftreten von Krämpfen oder Husten nicht sinnvoll; das Gewicht der Magnituden-Beobachtung sollte darum in diesem Fall reduziert werden. Weiterhin kann beispielsweise ein verwendeter Fatigue-Index ungenaue Informationen beim Auftreten von Muskel-Umrekrutierungen liefern und sollte darum in diesem Fall weniger stark gewichtet werden.

[0093] Ein möglicher Spezialfall des oben genannten allgemeinen Verfahrens ist, alle Gewichte bis auf eines auf null zu setzen, um die Trainings-Steuerung lediglich anhand einer einzelnen Größe zu realisieren. Damit sind beispielsweise Verfahren realisierbar, bei denen die Trainings-Intensität automatisch so adaptiert (geregelt) wird, dass die Person/der Patient ei-

ne fest vorgegebene EMG-Amplitude oder eine fest vorgegebene Atemarbeit aufbringen muss.

[0094] Schritt 3: Kombination aller Informationen zu einer finalen Intensitätsempfehlung
Im dritten Schritt wird anhand der auf den einzelnen Beobachtungen basierenden, gewichteten Intensität-Empfehlungen eine finale Empfehlung zur Änderung der Trainingsintensität vorgenommen. Zu diesem Zweck wird ein Optimierungsproblem gelöst, wobei die Trainingsintensität so gewählt werden soll, dass sie in möglichst vielen der isolierten Empfehlungen ein möglichst großes Gewicht hat (also möglichst gut der Einzelempfehlung folgt), unter der Nebenbedingung, dass sie in jeder der isolierten Empfehlungen mindestens akzeptabel sein muss. Zusätzlich kann berücksichtigt werden, dass a) größere Trainingsintensitäten zu bevorzugen sind (um den Trainings-Reiz zu maximieren), und b) Abweichungen von der bestehenden Trainingsintensität prinzipiell zu vermeiden sind, um möglichst konstante Trainings-Sessions zu ermöglichen und die Person/den Patienten nicht zu verwirren. Auf der anderen Seite kann es auch wünschenswert sein, vereinzelte Intensitätsänderungen zu bevorzugen, um a) ein variables Training zu ermöglichen, und b) den Effekt solcher Intensitätsänderungen auf den Muskelzustand untersuchen zu können.

[0095] Bei der Lösung des Optimierungsproblems für die Online-Analyse kann es sinnvoll sein, Abweichungen von der bestehenden Trainingsintensität möglichst zu verhindern, um möglichst konstante Trainingssessions zu ermöglichen. Es bietet sich an, diese Empfehlung jeweils atemzugsweise durchzuführen.

[0096] **Fig. 3** visualisiert die Bestimmung eines akzeptablen Intensitätsbereichs für jede individuelle Beobachtung, inklusive Präferenz-Gewichtung. Als individuelle Beobachtungen zeigt das Zustandssignal **1** eine Fatigue oder auch MuskelFatigue, die eingangs näher erläutert ist. Das Zustandssignal zeigt einen Krampf-Parameter, also ein Maß der Verkrampfung der Atemmuskulatur. Das Zustandssignal **3** zeigt ein Maß der expiratorischen Aktivität, also ein Maß für die Ausatmung der Person oder des Patienten. Jedes Zustandssignal hat einen akzeptablen Intensitätsbereich, sodass jeder Zustand im Trainingsmodus zu einem gewissen Maß tolerierbar ist. Dieser akzeptable Intensitätsbereich ist als Fläche entlang der Trainingsintensität dargestellt. Weiter umfasst die Darstellung eine Präferenzgewichtung des jeweiligen Zustandssignals, sodass wichtigere Zustände stärker gewichtet sein können, während unwichtige Zustände schwächer gewichtet sein können. Diese gewichteten Zustände werden nunmehr verknüpft, um zu einer resultierenden, finalen Intensitätsempfehlung unter Berücksichtigung aller Indikatoren oder Zustände zu gelangen. Diese ist als strichlinierte Linie zur Mar-

kierung der resultierenden Trainingsintensität eingetragen.

[0097] In weiteren, nicht in **Fig. 3** gezeigten, Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um den Trainingsmodus hinsichtlich einer Trainingsdauer zu beeinflussen. Die Ermittlung der Trainingsintensität ist im Rahmen der oben erläuterten Online-Analyse ausführliche beschrieben. Darüber hinaus kann die Online-Analyse auch die Dauer des Trainings festlegen, die insbesondere mit der Trainingsintensität korreliert. Entsprechend kann bei trainierten Atemmuskeln eine längere Trainingsdauer als bei schwachen Atemmuskeln eingestellt werden.

[0098] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um den Trainingsmodus in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand abbrechen und/oder zu unterbrechen. Parallel zur Berechnung der Intensitätsänderungsempfehlung zum nächsten Atemzug kann es eine Einheit geben, die einen Abbruch der gerade laufenden Trainingssession fordern kann. Es bietet sich an, dass diese Einheit (quasi-)kontinuierlich aktiv ist und somit auch einen Abbruch während eines Atemhubes signalisieren kann. Die Abbruchinformationen können aus einzelnen Bewertungseinheiten signalisiert werden und sind dabei ODER-verknüpft. Die einzelnen Bewertungseinheiten können den Zustandssignalen der **Fig. 3** entsprechen und Fatigue, Krampf und Expiration umfassen, sind jedoch nicht auf diese Parameter beschränkt. Es reicht dabei aus, dass das Signal aus einer der Bewertungseinheiten kommt. Bei der Unterbrechung kann die Dauer der Unterbrechung von der Stärke des jeweiligen Zustandssignals abhängen. Alternativ kann sie auch als konstanter Parameter vorgegeben sein.

[0099] In weiteren Ausführungsbeispielen kann das Abbrechen des Trainingsmodus in Abhängigkeit von einem Signal durchgeführt werden, das Information über zumindest ein Element der Gruppe von einer Änderung/Abweichung in der Muskelgruppenaufteilung, einer expiratorischen Aktivität, einer inspiratorischen Aktivität, einer antizyklischen Aktivität, schädlichen Druckverhältnissen in der Lunge, anhaltenden Krämpfe, Husten oder Schluckauf, Muskelfatigue über einer als nicht tolerabel angesehenen Schwelle und Detektion von pathologischen Zuständen, die eine Person schädigen können, anzeigt. Dabei können für die Muskelgruppenaufteilung die Intercostalmuskulatur, die Zwerchfellmuskulatur, weiterer Atemhilfsmuskulatur sowie der Antagonisten (zum Beispiel Bauchmuskulatur, gerader Bauchmuskel (rectus abdominis).) berücksichtigt werden.

[0100] Die Unterbrechung kann optional mit einer Festsetzung eines Zeitpunktes für das nächste Training gekoppelt sein. Dabei können die oben genannten Parameter berücksichtigt werden. Entspre-

chend kann am Ende eines Trainings basierend auf den Auswertungen eine Prognose für die zu erwartende notwendige Erholungszeit erstellt werden und das nächste Training angesetzt werden. Darüber hinaus kann optional auch während des Normalbetriebes aufgrund der EMG-Daten geprüft werden, ob die Erholung des Muskels soweit fortgeschritten ist, dass ein weiteres Training sinnvoll erscheint. Somit lässt sich - unter Berücksichtigung des aktuellen Patientenzustandes - der angesetzte Trainingszeitpunkt noch einmal korrigieren.

[0101] In Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um Parameter des Trainingsmodus und/oder Parameter einer Atmungsleistung der Person oder des Patienten **20** während der Dauer des Trainingsmodus oder im Anschluss an den Trainingsmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung **14** auszugeben. Diese Ausgabe kann auch als Ein-/Ausgabeeinrichtung ausgeführt sein und dient insbesondere der Person / dem Patienten zur Rückmeldung seiner Leistungen. Darüber hinaus kann die Ausgabeeinrichtung für einen Trainer oder behandelnden Arzt ausgebildet sein, was eine separate Ein-/Ausgabeeinheit umfassen kann. Darüber hinaus kann die Ein-/Ausgabeeinheit auch eine Maschinenschnittstelle umfassen, zum Beispiel in Form eines Steckers oder einer drahtlosen Schnittstelle oder eines Software-Interfaces.

[0102] So ist es auf Basis der EMG-basierenden Informationen über den aktuellen Muskelzustand sowie die aufgebrachte, neuronale Muskelaktivierung möglich, dem Patienten in Echtzeit individuelles Feedback über den Trainings-Verlauf zu geben. Folgende Informationen können umfasst sein: Wie nah ist er dem Erreichen des Trainings-Ziels? Hat die Stärke und/oder die neuromuskuläre Effizienz seiner Muskeln im Vergleich zu vorherigen Trainings-Sessions zu- oder abgenommen? Diese Rückmeldung kann beispielsweise visuell mittels eines Displays, akustisch, haptisch oder kombiniert erfolgen. Darüber hinaus kann die Person oder der Patient optional durch Manöver oder besondere Beatmungsartefakte des Beatmungsgerätes eine Rückmeldung über den Trainingsverlauf und/oder die Zielerreichung bekommen. Weiterhin soll der Patient in der Lage sein, auf Wunsch eigenständig über ein geeignetes Eingabe- oder Atemmuskeltrainingsgerät Trainings-Sessions initiieren zu können sowie die Dauer und Intensität des Trainings modifizieren zu können. Dies kann beispielsweise über ein übliches Touch-Display erfolgen oder aber auch über speziellere Eingabegeräte wie einen Taster oder einen Druckball, der vom Patienten in einem bestimmten Rhythmus gedrückt werden kann, um eine Trainings-Session zu initiieren. Ebenfalls denkbar wäre, dass der Patient über einen bestimmten Atemrhythmus oder spezielle Atem-Manöver eine Trainings-Session initiieren kann.

[0103] Fig. 4 zeigt die um eine Ein-/Ausgabeeinrichtung **18** erweiterte Vorrichtung **10**. Diese kann sowohl für eine maschinelle Kopplung mit anderen Einrichtungen ausgebildet sein als auch als eine oder mehrere Schnittstellen für die menschliche Interaktion, so genannte Man-Machine-Interfaces, umfassen.

[0104] In Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um die Ausgabe **18** optisch und/oder haptisch und/oder akustisch und bezogen auf eine Zielgröße für diese Person oder den Patienten **20** durchzuführen. Als optische Ausgabe kommt ein gegebenenfalls interaktiver Bildschirm infrage, Signalisierungslampen oder dergleichen. Als haptische Ausgabe kann eine Vibrationseinrichtung, eine Temperatur- oder eine Formänderung eines Handapparates, zum Beispiel eines Balles, für Patienten in Frage kommen. Akustische Ausgaben können in Form von Signalen oder auch als Sprachausgabe gestaltet sein. Weiter können auch akustisch-visuelle Ausgaben oder besondere Beatmungsartefakte des Handgerätes zum Einsatz kommen.

[0105] In anderen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um den Betrieb des Trainingsmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung **14** durch die Person oder den Patienten **20** initiiert und/oder parametrierbar zu machen. Dieses kann insbesondere durch ein Bedienelement der Vorrichtung **10** erfolgen, wenn die Vorrichtung **10** als Trainingsgerät ausgebildet ist. Umfasst die Vorrichtung zusätzlich noch eine Beatmungseinrichtung, so kann auch ein separates Atemmuskeltrainingsgerät für den Patienten ausgebildet sein. Dieses Atemmuskeltrainingsgerät kann auch die oben genannte Ein-/Ausgabeeinrichtung umfassen, sodass dem Patienten eine Fernbedienung der Vorrichtung zur Verfügung steht. Diese Fernbedienung kann auf eine Teilfunktion der Vorrichtung **10** beschränkt sein, insbesondere auf solche Funktionen, die den Trainingsmodus initiiert und/oder parametrierbar machen.

[0106] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um eine akzeptable Zielintensität einer Fatigue und/oder eines Krampfs und/oder einer expiratorischen Aktivität zu ermitteln, wobei die akzeptable Zielintensität als zeitlich konstanter oder zeitlich veränderbarer Zielbereich oder Zielpunkt ausgebildet ist. Wie im Zusammenhang mit der Online-Analyse erläutert, können während des Trainingsmodus Zielbereiche zum Beispiel für Fatigue, Krampf oder Expiration berücksichtigt werden. Hierbei sind zwei Spezialfälle der Online-Analyse möglich: a) die Wahl eines einzelnen Zielpunkts anstatt eines Zielbereichs (Impuls-Gewichtungsfunktion), um einen bestimmten Wert einer Beobachtung als Ziel zu erzwingen und b) die Wahl zeitveränderlicher Zielbereiche für die unterschiedlichen Beobachtungen, um beispielsweise die

Zielvorgabe eines stetig steigenden Fatigue-Indexes zu realisieren.

[0107] In zusätzlichen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit von Signalen, die Informationen über das Zwerchfell und/oder die Intercostalmuskulatur und /oder Antagonisten umfassen, zu ermitteln. Dabei kann als Antagonist insbesondere die Bauchmuskulatur, der gerade Bauchmuskel (rectus abdominis), berücksichtigt werden.

[0108] In anderen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit eines pneumatischen Signals zu ermitteln. Das pneumatische Signal kann als ein für den menschlichen Atemzyklus typisches Atemsignal des Patienten erfasst werden. Ausführungsbeispiele können so unter Umständen eine wenig komplexe oder möglichst natürliche Erfassung des pneumatischen Signals ermöglichen. Die Erfassungseinrichtung kann beispielsweise ausgebildet sein, um das pneumatische Signal als Drucksignal oder als Volumenstromsignal an der Person oder dem Patienten zu erfassen. Ausführungsbeispiele können somit eine Verwendung von Beatmungsmasken mit Standardkomponenten, die als Sensoren ausgeführt sind, erlauben. Die Erfassungseinrichtung kann zumindest in manchen Ausführungsbeispielen ausgebildet sein, um das pneumatische Signal als expiratorisches und/oder inspiratorisches Atemsignal des Patienten zu erfassen. Je nach weiterem Signalverarbeitungskonzept können Ausführungsbeispiele somit eine Auswertung der expiratorischen und/oder inspiratorischen Atemsignale des Patienten erlauben. Unter einem Atemsignal einer Person oder eines Patienten sei hier ein Signal verstanden, das Information über den Atem, wie Druck, Volumen oder Konzentrationen, beispielsweise Sauerstoff **02**, Kohlendioxid, CO₂, Wasser H₂O, usw. umfasst.

[0109] In Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um bei der Ermittlung der Information über den Muskelzustand für zumindest einige Signale eine Bewertung, Gewichtung und Zusammenfassung durchzuführen; und um den Trainingsmodus in Abhängigkeit der zusammengefassten Signale zu ermitteln. Dabei kann die Gewichtung mittels Repräsentation als unscharfe Mengen (englisch „Fuzzy Sets“) beziehungsweise Fuzzylogik durchgeführt werden.

[0110] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ausgebildet sein, um ein Diagnosemanöver über den Muskelzustand der Person oder des Patienten **20** durch gezielte Belastung durchzuführen. Für die Diagnose können insbesondere zur Anwendung kommen:

a) Die Wahl eines einzelnen Zielpunkts anstatt eines Zielbereichs (Impuls-Gewichtungsfunktion), um einen bestimmten Wert einer Beobachtung als Ziel zu erzwingen.

b) Die Bewertung und isolierte Betrachtung einer Untergruppe oder einzelner Parameter, die zumindest eine der expiratorischen Aktivität, einer inspiratorischen Aktivität, einer antizyklischen Aktivität, schädlichen Druckverhältnissen in der Lunge, anhaltenden Krämpfe, Husten oder Schluckauf, Muskelfatigue, pathologischen Zuständen, berücksichtigen. Dabei können einzelne Muskelgruppen, sowie isoliert, zumindest eine der Intercostalmuskulatur, der Zwerchfellmuskulatur, weitere Atemhilfsmuskulatur sowie der Antagonisten umfasst sein. Dabei kann unter Diagnosemanöver ein Verfahren der Vorrichtung **10** verstanden werden, das die Feststellung oder Bestimmung einer körperlichen oder psychischen Krankheit durch den Arzt unterstützt. In Ausführungsbeispielen kann das Diagnosemanöver auch während der normalen Atmung stattfinden. Weiter kann es in Ausführungsbeispielen auch durch „natürlich“ stattfinden Intensitätsänderungen des Patienten ausgelöst werden. Dazu zählen auch Intensitätsänderungen, die aus anderen therapeutischen Gründen als für ein Atemmuskeltraining durchgeführt wurden.

[0111] In anderen Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ferner ausgebildet sein, die Ergebnisse des Diagnosemanövers und/oder Parameter einer Atmungsleistung jeweils bezogen auf Zielvorgaben für die Person **20** auszugeben und/oder Parameter des Trainingsmodus und/oder in Ausführungsbeispielen die Information über den Muskelzustand auszugeben. Die Zielvorgaben können statisch oder dynamisch vorgegeben werden. Statische Zielvorgaben können Hinweise auf ein Entwöhnen des Patienten von der als Beatmungseinrichtung ausgeführte Vorrichtung sein (englisch Weaning Index) oder die Mindestleistung der Atemmuskulatur zur Vermeidung seiner Rückbildung, auch Antrophy Index genannt. Weiter sind Fatigue, Krampf oder expiratorische Zielvorgaben etc. möglich. Dynamisch vorgegebene Zielvorgaben können die Veränderung der Atemmuskulatur der Person oder des Patienten berücksichtigen. So kann zum Beispiel eine Fatigue-Zielvorgabe in Abhängigkeit zumindest des aktuellen Fatigue-Index angepasst werden. Entsprechendes gilt für die Atrophy-Zielvorgabe in Abhängigkeit zumindest des aktuellen Fatigue-Index.

[0112] Weiter schaffen Ausführungsbeispiele eine Atemvorrichtung **100** zur Beatmung einer Person oder eines Patienten **20** umfassend eine Vorrichtung **10** zur Atemmuskelbeeinflussung der Person oder des Patienten **20**, wobei die Kontrolleinrichtung **16** ferner ausgebildet ist, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung **14** in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand zu einem ersten Zeitpunkt in einem Normalmodus mit einer ersten Trainingsintensität und zu einem zweiten Zeitpunkt in einem Trainingsmodus mit einer zweiten Trainingsintensität zu betreiben, und wobei die Kontrolleinrichtung **16** ferner ausgebildet ist, um den Trainingsmodus und die zweite Trainingsintensität während des Normalmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung **14** in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand für zukünftige zweite Zeitpunkte anzupassen. Die Atemvorrichtung **100** kann in Ausführungsbeispielen als Beatmungsgerät ausgeführt sein. Das Beatmungsgerät kann dabei sowohl mittels eines Tubus als auch auf nichtinvasivem Wege (z.B. Beatmungsmaske) an den Patienten angeschlossen sein.

[0113] Dabei umfasst der Normalmodus eine Beatmung eines Patienten, die die Atmung in bekannter Weise auf Dauer unterstützt, sodass im Gegensatz zum Trainingsmodus der Normalmodus die optimal lungenschonende Atmung des Patienten langfristig sicherstellt.

[0114] Die Atemvorrichtung **100** umfasst zumindest eine der Komponenten einer Gasmischeinheit (Sauerstoff und Druckluft), Flowmessung Inspiration, ein Inspirationsventil, ein Druckmessung Inspiration, einen Inspirations Schlauch, eine Flowmessung Expiration, ein Expirationsventil, eine Druckmessung Expiration, einen Expirationsschlauch, eine Sauerstoffversorgung, eine Druckluftversorgung, einen Expirationsauslass und eine Mikrocontroller-Einheit **16**, die mit den Druck- und Flowsensoren sowie den Ventilen und der Gasmischeinheit gekoppelt sein kann.

[0115] Die Anpassung des Trainingsmodus während des Normalmodus wird auch Offline-Analyse genannt. Im Gegensatz zur Online-Analyse wird die Offline-Analyse nur jeweils am Ende einer Trainingssession ausgeführt. Im Rahmen der Offline-Analyse müssen die Signalverläufe der einzelnen Muskelzustandsindikatoren daher zwischengespeichert werden. Der Ablauf ist der Online-Analyse grundsätzlich ähnlich, siehe die Beschreibung der Online-Analyse oben. Allerdings gibt es teilweise andere Bewertungskriterien, unterschiedliche Gewichtungen und abweichende Nebenbedingungen bei der Optimierungsaufgabe.

[0116] Im Gegensatz zur Online-Analyse wird bei der Bewertung dem Verlauf der EMG-Zustände während der Trainingssession mehr Beachtung geschenkt. Dabei geht es jeweils darum, zu ermitteln, ob sich über die Dauer des Trainings problematische Zustände entwickelt haben. Insbesondere bei zurückliegenden Änderungen der Trainingsintensität von einer zur nächsten Trainingssession kann hier bewertet werden, ob und wie sich die Änderung der

Trainingsaufgabe auf den Muskelzustand ausgewirkt hat. Untersucht wird dabei, wie sich die relative Änderung der mechanischen Trainingsaufgabe in Bezug auf die relative Änderung der EMG Leistung verhält. Weiter kann untersucht werden, ob eine verstärkte Trainingsaufgabe auch mehr Muskelkontraktionen bewirkt (bei den richtigen Muskeln). Im Gegensatz zur Online-Analyse kann es sinnvoll sein, Abweichungen von der bestehenden Trainingsintensität in gewissem Maße zu fordern. Das Training wird dadurch abwechslungsreicher und es können im Rahmen der Auswertung mehr Informationen gesammelt werden.

[0117] Ergänzend können in der Offline-Analyse auch die Erkenntnisse des aktuellen Normalmodus einfließen. So können Veränderungen des Patienten, zum Beispiel lang andauernde Hustenreize oder dergleichen zu einer Abschwächung der geplanten Trainingsaufgabe führen. Andererseits kann zum Beispiel eine deutlich verbesserte EMG Leistung die geplante Trainingsaufgabe verstärken.

[0118] Schließlich ist ein grundlegender Unterschied zur Online-Analyse, dass in der Offline-Analyse nicht nur eine andere Trainings-Intensität, sondern auch ein anderer Trainings-Modus empfohlen werden kann. Dies kann beispielsweise nützlich sein, wenn ein Patient oder die Person einen bestimmten Modus nicht gut verträgt, oder um die Trainings-Variabilität zu erhöhen. Die Empfehlungen der Offline-Analyseeinheit können dabei sowohl automatisiert (in der Planungseinheit) verarbeitet werden, als auch dem Geräteanwender (klinisches Personal, Trainer) angezeigt werden. Im letzteren Fall erfolgt die Entscheidungsfindung durch den Geräteanwender, unterstützt durch die von der Auswerteeinheit bereitgestellten Empfehlungen und Informationen.

[0119] Update der individuellen Bewertungskriterien Neben der Empfehlung einer neuen Trainingsintensität wird im Rahmen der Offline-Analyse auch ein Update der Bewertungskriterien durchgeführt. So können beispielsweise die Schwellwerte adaptiert werden, ab denen ein bestimmtes Level an Fatigue oder ein bestimmtes Verhältnis von Zwerchfell- und Inter-costal-Aktivität als kritisch bewertet wird.

[0120] Mögliche Gründe für die Adaption dieser Schwellwerte sind eine geänderte Trainings-Intensität, ein geänderter Trainings-Modus sowie messtechnische Veränderungen, wenn sich beispielsweise die EMG-Elektroden an anderen Positionen befinden oder die Leitfähigkeit der Haut sich verändert hat (zum Beispiel aufgrund von Schweiß). Die Frage der grundsätzlichen Vergleichbarkeit von Messungen in unterschiedlichen Trainings-Sessions soll auch bei der Erstellung der jeweiligen Intensitäts-Empfehlungen berücksichtigt werden.

[0121] In weiteren Ausführungsbeispielen kann die Kontrolleinrichtung **16** ferner ausgebildet sein, um den Trainingsmodus als eine zeitlich begrenzte Veränderung einer Atmungsunterstützung der Person oder des Patienten **20** zum Training der Atemmuskulatur der Person oder des Patienten **20** auszuführen.

[0122] Fig. 5 beschreibt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer verfeinerten Darstellung der Vorrichtung **10** oder der Atemvorrichtung **100** zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person oder eines Patienten. Dabei umfasst die Vorrichtung **10/100** die Atembeeinflussungseinrichtung **14**, die pneumatisch mit dem Patienten oder der Person verbindbar ist, was typischerweise durch Schläuche, Mundstücke etc. erfolgt. Weiter umfasst die Vorrichtung **10/100** die Erfassungseinrichtung **12** zur Erfassung der EMG-Signale des Patienten oder der Person. Die Erfassungseinrichtung **12** liefert die EMG-Signale an die Kontrolleinrichtung **16**, die von der Atembeeinflussungseinrichtung **14** optional noch ein Signal erhält, das auf pneumatischen Eigenschaften der Atmung des Patienten oder der Person **20** beruht. Die Kontrolleinrichtung **20** übermittelt ein Steuersignal an die Atembeeinflussungseinrichtung **14** zur Einstellung der Atembeeinflussung des Patienten oder der Person **20**. Das Steuersignal beruht auf Auswertungen der EMG-Signale und des optionalen pneumatischen Signals. Dabei erzeugt eine Trainingssteuerung **170** der Kontrolleinrichtung **16** für den Trainingsmodus die Steuergrößen und Sollwerte für die Atembeeinflussungseinrichtung **14**. Weiter bestimmt eine Planungseinheit **172** der Kontrolleinrichtung **16** die Trainingsaufgabe für den nächsten Trainingsmodus. Schließlich überwacht die Muskelzustandsüberwachung **174** der Kontrolleinrichtung permanent den Zustand des Patienten oder der Person und überwacht insbesondere die relevanten Muskeln. Sie gibt Empfehlungen für die Adaption von Trainings-Modus, -Intensität und -Dauer.

[0123] Fig. 6 beschreibt die Komponenten der Atemvorrichtung für den Trainingsmodus, der während einer Trainingssession zur Anwendung kommt. Dabei werden Patientendaten der Planungseinheit **172** zugeführt. Diese empfängt zusätzlich Anwender-Eingaben von der Anwender-Komponente **176** und liefert Signale an die Trainingssteuerung **170**, die auch Signale von der Online-Analyse der Muskelzustandsüberwachung **174** erhält. Im Gegenzug liefert die Trainingssteuerung **170** Steuergrößen und Stellwerte an die Atembeeinflussungseinrichtung **14** sowie an den Trainingsmodus der Muskelzustandsüberwachung **174**. Die Atembeeinflussungseinrichtung **14** ist pneumatisch mit dem Patienten oder der Person **20** gekoppelt und liefert respiratorische Parameter an die pneumatischen Signale der Muskelzustandsüberwachung **174**. Der Patient **20** erhält Feedback vom Patientenfeedback **178** und liefert seine Muskelaktivitäten an den EMG-Verstärker **12**, der wieder-

um EMG an die EMG-Einheit der Muskelzustandsüberwachung **174** liefert. Die bisher genannten Komponenten der Muskelzustandsüberwachung **174** sind innerhalb der Muskelzustandsüberwachung **174** mit allen weiteren Komponenten, 1. Amplitude, 2. Mechanische Belastung, 3. Außergewöhnliche Kondition, 4. Fatigue und 5. Zustand, verknüpft, die im Gezug mit allen ergänzenden Komponenten, die Online-Analyse, Offline-Analyse und Scoring umfassen, verknüpft sind. Die Online-Analyse liefert ihre Information zusätzlich an das Patientenfeedback **178** und an das Anwenderfeedback **180**. Die Offline-Analyse liefert Signale an die Planungseinheit **172**. Das Scoring liefert Signale an das Anwenderfeedback **180**. Das Anwenderfeedback **180** liefert Informationen an die Anwender-Komponente **176**. Die vorgenannten Komponenten können als verteilte oder zusammengefasste Hardware, als Software oder als vorprogrammierte Hardwareelemente ausgeführt werden, die einen Prozessor enthalten.

[0124] Im Zusammenhang mit **Fig. 6** ist noch festzuhalten, dass das Atemmuskeltraining aus wiederkehrenden Trainingssessions besteht, in denen der Trainingsmodus zur Anwendung kommt. Jede der Trainingssessions besteht aus einer anfänglichen Analysephase und der darauf folgenden Trainingsphase. Während der Planungsphase wird durch die Planungseinheit eine Trainingsaufgabe für die folgende Trainingsphase bestimmt. Dazu zählen:

- o die Trainings-Modalität, zum Beispiel negativer Mindestinspirationsdruck, WOB (englisch work of breathing, Atemarbeit) -gesteuert, EMG-Schwellwert, etc., hier auch Trainingsmodus genannt,
- o die Trainings-Intensität, die sich bei den unterschiedlichen Trainingsmodalitäten unterschiedlich ausdrückt, sowie
- o die Trainings-Dauer.

[0125] Sollte die Planungseinheit **172** dem Training entgegenstehende Informationen zum Muskelzustand erhalten, kann die folgende Trainingsphase auch aufgeschoben werden, beziehungsweise entfallen. Bei wiederkehrenden Trainingssessions kann anstelle einer weiteren Analysephase auch die vorhergehende Trainingsphase herangezogen werden.

[0126] Während der Trainings-Session wird die von der Planungseinheit **172** bestimmte Trainingsaufgabe durchgeführt. Die Muskelzustandsüberwachungseinheit **174** hat dabei die Aufgabe, permanent den Zustand des Patienten und insbesondere der Muskeln zu überwachen und Empfehlungen für die Adaption von Trainings-Modalität, -Intensität und -Dauer zu geben.

[0127] Nach der Trainingsphase wird die Offline-Analyseeinheit aktiv. Sie wertet die Trainingsphase

rückwirkend aus. Die Offline-Analyseeinheit hat folgende Aufgaben:

- o Auswertung der zurückliegenden Trainingsphase, um ggf. für die nächste Trainingsphase eine Änderung zu empfehlen (Dauer, Intensität, weitere Trainingswege);
- o Generation von Trends und anzeigbaren Daten für das klinische Personal;
- o Berechnung eines Ready-To-Wean-Indikators.

[0128] Basierend auf den Ergebnissen der Analyse-Einheiten kann natürlich auch der Beatmungsmodus, der auch als Normalmodus bezeichnet ist, außerhalb der Trainings-Sessions adaptiert werden.

[0129] **Fig. 7** beschreibt ein Verfahren zur Atemmuskelbeeinflussung. Dabei wird im Block Erfassen **42** ein oder mehrere elektromyographisches Signal(e) einer Person oder eines Patienten erfasst. Vom Block Erfassen **42** führen Informationen an den Block Erzeugen **44**, der einer Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person **20** basierend auf dem elektromyographischen Signal erzeugt. In Ausführungsbeispielen können ergänzend oder alternativ weitere Messsignale wie Druck, Volumenstrom (Flow), Volumen und/oder etCO₂ herangezogen werden. Vom Block Erzeugen **44** führen Informationen an den Block Betreiben **46**, der einen Betrieb **46** einer Atmungsbeeinflussungseinrichtung **14** in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus vornimmt.

[0130] Weiter schaffen Ausführungsbeispiele ein Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens **40**, wenn der Programmcode auf einem Computer, einem Prozessor oder einer programmierbaren Hardwarekomponente ausgeführt wird.

[0131] **Fig. 8** zeigt ein Diagramm **200** mit der Atemleistung des Patienten und verschiedenen Grenzwerten über die Zeit. Die unterste Kurve **210** beschreibt die mindestens zu leistende Atemarbeit (WOB: Work of Breathing) des Patienten, damit keine Atrophy entsteht. Weiter ist die vom Patienten geleistete WOB **220** sowie die zugehörige Fatigue-Grenze **230** eingezeichnet. Schließlich ist eine Linie für WOBself **240** eingezeichnet, der notwendigen Atemarbeit für die selbstständige Atmung des Patienten ohne Beatmungsgerät.

[0132] Zu einer Visualisierung des Trainingsfortschritts in einer WOB Darstellung mit Fatigue- und Atrophie-Informationen ist noch festzuhalten, dass durch die EMG unterstützte Überwachung und Analyse des Atemmuskeltrainings zusätzliche Informationen gewonnen werden. Diese Informationen bieten

auch für das klinische Personal einen Mehrwert bei der Einschätzung des Patientenzustandes. Um einfach interpretiert werden zu können, ist es jedoch notwendig, die Daten entsprechend aufzubereiten und anzuzeigen.

[0133] Eine Möglichkeit dazu ist es eine WOBself (englisch Ready to Wean; bereit zum Entwöhnen) Darstellung über der Zeit zu erweitern. Grundlage ist eine grafische Darstellung **200**, bei der die vom Patienten geleistete Atemarbeit über der Zeit dargestellt wird. Dabei wird insbesondere auch zwischen vom Patienten und der Atembeeinflussungseinrichtung **14** geleisteter Atemarbeit unterschieden. Im Folgenden ist eine WOB Darstellung beschrieben, die mit weiteren Informationen angereichert ist. Dazu zählen insbesondere Informationen aus dem Atemmuskeltraining, Informationen über den Muskelzustands sowie daraus abgeleiteter Informationen.

[0134] Die einzelnen Trainingssessions sind in der Darstellung als temporäre Ausschläge der WOB **220** zu erkennen. Die Darstellung ist ergänzt durch die zu erwartende WOB, wenn der Patient ganz selbstständig atmen würde (WOBself) **240** sowie eine Fatiguegrenze **230** (Abschätzung einer maximalen Muskelleistung bezüglich eintretender Fatigue) und eine Atrophiegrenze (Abschätzung einer minimalen Muskelleistung bezüglich eintretender Muskelatrophie).

[0135] Die für den selbstständig atmenden Patienten notwendige WOB (WOBself) **240** wird als Summe aus der selbstständig geleisteten WOB **220** und dem Anteil vom Beatmungsgerät berechnet. Der vom Beatmungsgerät geleistete Anteil muss dazu vorher um beatmungsbedingte Mehranteile (zum Beispiel zusätzlicher Tubuswiderstand) bereinigt werden.

[0136] Die eingezeichnete Fatiguegrenze **230** kennzeichnet den höchsten selbst zu leistenden WOB, ohne den es zur Ausbildung von schädlicher Muskelfatigue kommen kann. Die Fatiguegrenze wird in der Regel EMG-basierend durch die Analyseinheit am Ende der Trainingssessions berechnet. Wenn es während Trainingssessions zu einer Fatigue (bestimmt durch EMG-basierenden Fatigueindex) kommt, die über einem im Rahmen des Trainings erwünschten und zu vertretenden Maß liegt, während es vor dem Training nicht zu Fatigue gekommen ist, wird die Fatiguegrenze auf einen Wert zwischen der WOB vor dem Training und der WOB während des Trainings gesetzt. Die genaue Höhe hängt vom Ausmaß der Fatigueindexveränderung und der Zeitdauer bis zum Auftreten ab. Wenn es während des Trainings nicht zu einer wesentlichen Veränderung des Fatigueindex kommt, wird die Fatiguegrenze **230** leicht oberhalb der Trainings-WOB **220** geschätzt. Sollte es auch außerhalb des Trainings zu einer Fatigue kommen, wird die Fatiguegrenze abgesenkt. Die Fatiguegrenze stellt die höchstens dauerhaft leistba-

re Atemanstrengung dar. Der Abstand der Fatiguegrenze zum für die selbständigen Atmung notwendigen WOB (WOBself) ist als Ready to Wean Indikator zu verstehen. Wenn die Fatiguegrenze den WOBself schneidet und dauerhaft über ihr bleibt, ist davon auszugehen, dass der Patient zumindest von Seiten der Atemmuskeln her selber atmen kann und ein Weaning in Betracht gezogen werden kann (ready to wean).

[0137] Die eingezeichnete Atrophiegrenze **210** kennzeichnet den mindestens vom Patienten zu leistenden WOB-Anteil, um eine Muskelatrophie zu verhindern. Wenn der Patienten-WOB-Anteil unterhalb dieser Grenze liegt, ist davon auszugehen, dass die Atemmuskulatur unter Atrophie leidet und weiter degeneriert. Auch wenn es möglich ist, eine Atrophie aus dem EMG abzuleiten, wird diese Grenze vorzugsweise statisch aus dem Körpergewicht (und ggf. Alter und Geschlecht, Krankheit, Temperatur und anderen bekannten Parametern des Patienten) abgeleitet. In einer alternativen Form wird bei der Berechnung der Atrophiegrenze zusätzlich die in der mittelfristigen Vergangenheit geleistete eigene Atemarbeit herangezogen. Die Atrophiegrenze ist dann so zu interpretieren, dass bei Unterschreitung mit einer weiteren Degeneration der Muskeln aufgrund von Atrophie zu rechnen ist.

[0138] In einer alternativen (nicht gezeigten) Darstellung ist die Hochachse relativ zum zur selbstständigen Atmung notwendigen WOB angegeben.

[0139] Zu einer Bestimmung eines EMG-basierenden Ready-To-Wean-Scores ist noch festzuhalten, dass der Ready-To-Wean Score ausdrückt, wie weit der Patient in der Lage ist, nachhaltig selber zu atmen. Im Gegensatz zu einem Weaningindikator, der nur auf dem Anteil an selbstgeleistetem WOB oder weiteren pneumatischen Daten basiert, kann der hier vorgestellte Weaningindikator die weiteren EMG-basierenden Muskelzustandsinformationen inkorporieren. Dadurch drückt er nicht nur aus, ob der Patient in den Trainingsphasen kurzzeitig genug eigene Atemarbeit leisten konnte, sondern kann berücksichtigen wie es der Atemmuskulatur dabei ging und hat somit viel besser die Möglichkeit nachhaltig zu prognostizieren, ob der Patient in der Lage ist, die nötige Atemarbeit dauerhaft zu leisten.

Auch der verbesserte Ready-To-Wean Score basiert grundsätzlich auf dem Anteil an selbstgeleistetem WOB im Verhältnis zu einem WOB, die für eine komplett selbstständige Arbeit notwendig wäre. Zusätzlich berücksichtigt der Score allerdings auch den Zustand der Muskulatur während der kurzfristigen Trainingssessions. Dabei wird insbesondere berücksichtigt, wenn sich Anzeichen entwickeln, dass die Belastung, die während der kurzen Trainingszeiträume zu leisten ist, nicht dauerhaft aufbringbar ist.

[0140] Im Einzelnen gehen ein:

- o Durchhaltevermögen / Zeitdauer (je länger der Patient durchgehalten hat, desto besser)
- o Abwertung, wenn dabei Fatigue entstanden ist (EMG-basierend)
- o Abwertung, wenn es zu expiratorischer Aktivität kommt (u.a. EMG-basierend)
- o Abwertung, wenn es zu starker Umrekrutierung kommt (u.a. EMG-basierend)
- o Abwertung, bei Krämpfen (EMG-basierend)
- o Berücksichtigung der Leistungsverteilung innerhalb eines Atemzuges (EMG-basierend)

[0141] Damit würde man sich kontinuierlich auf einen Weaningtrial hinarbeiten. Bei einer Person, die Ready to Wean ist, würde man erwarten, dass es auch bei 100% eigener WOB Anteil für eine mittlere Zeit nicht zu Fatigueerscheinungen kommt.

[0142] Fig. 9a und Fig. 9B zeigen in Ausführungsbeispielen Anzeigen auf einem Bildschirm (englisch Screenshot), die beispielhaft aus vier Teilen bestehen:

- Teil A: eine Ortskurvendarstellung des Fatigueindex **250** über die Zeit, hier nach Tagen zusammengefasst. Ergänzend können weitere Parameter **290** ausgewählt und eingeblendet werden, zum Beispiel die selbst geleistete Atemarbeit, der selbst geleistete WOB;
- Teil B: Darstellung eines Wertes über der Zeit **270**, der hier beispielhaft als Trainingsergebnis **260** (englisch Trainings compliance Score) dargestellt ist;
- Teil C: Auf Atemarbeit basierende Darstellung von selbstgeleisteter Atemarbeit, Fatigue und Atrophie, die detailliert als Fig. 8 beschrieben ist; und
- Teil D: Trainingsdetails für ausgewählte Trainingssession.

[0143] Die Hauptaufgaben dieser zusammenhängenden Darstellung sind insbesondere eine

- Visuelle Kommunikation über die Ergebnisse einer Trainingssession oder eines Diagnosemanövers und des Zustandes der Muskeln und des Atemapparates;
- Visuelle Kommunikation von Ereignissen, die zu einem Trainingsabbruch geführt haben,
- Visuelle Kommunikation von Ereignissen, die maßgeblich zu einer Änderung der Trainingsintensität geführt haben;
- Transparente Darlegung des Zustandekommens der Muskelzustandsbewertung. Der Nut-

zer soll insbesondere nachvollziehen können, wieso ein bestimmtes Ergebnis (englisch score) schlecht war und welche Konsequenzen sich daraus ergeben haben.

- Feedback vom Nutzer für die akzeptablen Wertebereiche. Der Nutzer kann den akzeptablen Bereich **320** einschränken/anpassen. In Fig. 9B-1 ist das beispielhaft bei „Krämpfen“ eingezeichnet. In Ausführungsbeispielen kann es aber auch bei zumindest einem weiteren, bei mehreren Werten oder bei allen Werten einstellbar sein.
- Einfluss des Nutzers auf die Gewichtung (nicht in der Grafik eingezeichnet) kann auch über die grafische Benutzeroberfläche möglich sein.

[0144] Allgemein sind die beispielhaft gezeigten Informationen unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte aufbereitet:

- Die einzelnen Trainingssessions können so gekennzeichnet sein, dass sich eine Kopplung zwischen den verschiedenen angezeigten Teilen A-D herstellen lässt. Beispielhaft kann diese Kopplung durch die Anzeige regenbogenfarbige Punkte gelöst sein. Alternativ wären Formen, Zahlen, Blinkmuster oder dergleichen als Kennzeichnung denkbar.
- Der Nutzer kann in Ausführungsbeispielen interaktiv auswählen, welche Werte auf den Achsen dargestellt werden soll (angedeutet durch Drop-Down-Menü). Dies können sowohl aus dem EMG / pneumatischen Daten abgeleitete Einzelwerte (z.B. Fatigue, EMG-Leistung einer Muskelgruppe oder WOB) als auch daraus abgeleitete bzw. zusammengefasste Werte / Scores sein.

[0145] Darüber hinaus können in Ausführungsbeispielen der Fig. 9B alle weiter vorne genannten Parameter eingebaut werden. Dies kann zumindest einzelne Parameter alle aus den Gruppen:

1. Amplitude, 2. mechanische Belastung, 3. außergewöhnliche Kontraktionen, 4. Fatigue, 5. „innere“ Zustände sowie 6. Weitere Informationen, die beim EMG Signal mit anfallen, umfassen.

[0146] Diesbezügliche Ausführungsbeispiele können beispielhaft zu folgenden Darstellungen führen:

- Ein bewertetes Trainingsergebnis (englisch Score Trainingscompliance) als Zusammenfassung der Trainingsleistung, das unter anderem aus den EMG-Leistungen der Muskelgruppen abgeleitet werden kann;
- Ein bewertetes Trainingsergebnis innerer bewerteter Muskelzustandsergebnisse als Zusammenfassung der aus dem EMG abgeleiteten

internen Zustandsinformationen des Muskels. Diese internen Zustandsinformationen können Fatigue, Neuromuskuläre Effizienz, Muskelregeneration (zum Beispiel quantifiziert durch DOMS (englisch Delayed Onset Muscle Sornes)), elektromuskulärer Delay, Atrophierisiko sowie max. Druck/Kraft umfassen.

- In den Diagrammen können in Ausführungsbeispielen an den zu einzelnen Trainingssessions gehörenden Punkten weitere Informationen angezeigt werden. Dies kann zum Beispiel in einer Blase **280** oder als lokale Ergänzung zum Datenpunkt ausgeführt sein, der hier beispielhaft als Pfeil **300** nach unten zur Visualisierung einer Anpassung der verminderten Trainingsintensität fürs nächste Training dargestellt ist.

[0147] In Ausführungsbeispielen können darüber hinaus bei der Ortskurvendarstellung **250** die Punkte der Trainingssessions durch verblassende Linien, verschiedene Linienstärke, Farbe, Strichelung oder dergleichen verbunden sein, um die Zeitinformation darzustellen. Weiter können in der Ortskurvendarstellung **250** die Punkte durch Zusatzinformationen weiter gekennzeichnet sein, und so beispielhaft mit dem Kalenderdatum ihrer Erfassung ergänzt sein.

[0148] Im Folgenden wird die Anzeige von Trainingsdetails erläutert, wie sie beispielsweise in **Fig. 9B**, Teil D dargestellt sind. Grundsätzlich sollen die Trainingsdetails folgende Zwecke erfüllen:

- dem Nutzer weitere Details des Trainings kommunizieren, also zum Beispiel auch die Werte, die gerade nicht in einem der Grafen zur Anzeige selektiert wurden;
- darüber hinaus hat der Teil D aber auch die wichtige Aufgabe, dem Nutzer die Entscheidungen der automatischen Trainingsadaption darzulegen. Der Nutzer soll somit in der Lage sein, die automatischen Entscheidungen nachzuvollziehen. Dies kann beispielhaft folgendes umfassen:
 - Kommunikation von Problemen, die zu einem Abbruch der Trainingssession geführt haben, das im Beispiel als Warndreieck **310** bei „Husten“ ausgeführt ist,
 - Kommunikation von Effekten, die maßgeblich zu einer Änderung der Trainingsintensität geführt haben. Im Beispiel ist das der grüne Pfeil **300** bei Fatigue, der als Information dient, dass aufgrund nur sehr geringer Fatigue entschieden wurde, die Trainingsintensität zu steigern.

[0149] Weiter können Trainingsdetails folgende Zwecke erfüllen:

- bei zusammenfassenden gewichteten Ergebnissen (englisch Scores) kann dem Benutzer die Entstehung der gewichteten Ergebnissen (Scores) kommuniziert werden;
- einzelne Werte können gruppiert werden. So können beispielsweise folgende Gruppierungen vorgenommen werden:
 - Trainingseigenschaften;
 - Atmung (hauptsächlich basierend auf EMG Leistung);
 - innere Muskeleigenschaften;
 - ganzen Körper betreffenden Eigenschaften, die zum Beispiel als Stress gemessen durch Herzfrequenzvariabilität (englisch Heart Rate Variability) erfasst sein kann.

[0150] Im Einzelnen zeigt **Fig. 9B** als Anzeige D „Trainingsdetails“, die als „Atemmuskulaturtraining“ benannt sind mit Datum und Uhrzeit. Es folgt die Überschrift „Trainingseigenschaften“, die eine Trainingsintensität grafisch anzeigt und die Trainingsdauer mit 6 Minuten angibt. Es folgt die Überschrift „Atmung“. Als Oberstes ist die vom Patienten selbst geleistete Atemarbeit grafisch dargestellt. Es folgen Einzelergebnisse, die jeweils mit einer Ziffer, dem Score, bewertet sind. Die Einzelergebnisse umfassen die grafisch dargestellte Hustenintensität „Husten“ mit dem Warndreieck **310** und Score **2**, sowie entsprechend dargestellte Krampfintensität „Krämpfe“ mit Score **7**. Unter der Unterüberschrift „Muskelgruppenaufteilung Inspiration“ folgt die Benennung und grafische Darstellung der Zwerchfellintensität, des Intercostrals, der oberen Atemmuskulatur und der Bauchmuskulatur, die zusammen den Score **6** ergeben. Es folgt weiter die „Muskelgruppenaufteilung Expiration“ mit den gleichen Muskelgruppen und gleicher grafischer Darstellung mit dem zusammengefassten Score **4**. Die „Inspiration / Expiration ratio Zwerchfell“ in grafischer Aufbereitung mit dem Score **5** schließt die Atmungsgruppe ab. Der „Score Trainingscompliance (Zusammenfassung)“ hat den Wert 6,5.

[0151] Es folgt die Gruppe „Muskeleigenschaften“ mit der Benennung und grafischen Darstellung von Muskelermüdung (Fatigue) mit Pfeil **320** und Score **5**, Neuromuskuläre Effizienz mit Score **7**, Muskelregeneration (DOMS) mit Score **8**, Atrophierisiko mit Score **10** und Elektromuskulärer Delay mit Score **10**. Zusammengefasst wird diese Liste als „innerer Muskelzustandsscore (Zusammenfassung)“ mit Score 7,5. Abschließend ist unter der Überschrift „ganzer Körper“ ein „Stresslevel (z.B. HRV)“ (Herzratenvariabilität) grafisch dargestellt.

[0152] **Fig. 10** zeigt ein verfeinertes Blockschaltbild der Muskelzustandsüberwachungseinheit **174**. Dabei stellen EMG **400**, pneumatische Signale **410** und Trainingseinstellungen **420** Eingangssignale zur Ver-

fügung. Diese Signale sind mit dem Block Amplitude **440** verbunden, der die (nicht gezeigten) Aspekte Muskelgruppenaufteilung, Expiratorische Aktivität, Antizyklische Aktivität / zeitlicher Verlauf Atemhub sowie Thoraktale Anspannung ohne Atmung umfasst. Weiter sind die Signale mit dem Block mechanische Belastung **442** verbunden, der die (nicht gezeigten) Aspekte Atemleistung, Druckdifferenz Lunge, sowie Gegenkräfte umfasst. Weiter sind die Signale mit dem Block außergewöhnliche Kontraktionen **444** verbunden, der die (nicht gezeigten) Aspekte Krämpfe, Husten und Schluckauf umfasst. Weiter sind die Signale mit dem Block Fatigue **446** verbunden. Schließlich sind die Signale mit dem Block Zustand **448** verbunden, der die (nicht gezeigten) Aspekte Pathologie, Atrophie, Neuromuskuläre Effizienz, Muskelregeneration (z.B. quantifiziert durch DOMS Delayed Onset Muscle Sornes) und elektromuskulärer Delay umfasst. Die Ausgangssignale der Blöcke **440**, **442**, **444**, **446** und **448** sind ihrerseits mit den Blöcken Offline-Analyse **460**, Online-Analyse **500** sowie Scoring-Einheit **600** verbunden.

[0153] Im Block Offline-Analyse **460** ist jeder der oben genannten Aspekte aller Blöcke **440**, **442**, **444**, **446** und **448** mit entsprechenden Online-Bewertungen **464 - 466** verbunden, die wiederum mit entsprechenden Online-Gewichte **474 - 476** verbunden sind, die der Übersichtlichkeit halber jeweils nur als zwei Blöcke illustriert sind. Weiter umfasst die Online-Analyse eine Funktionen Empfehlung zum Trainingsabbruch / Empfehlung für „kleine“ Erholungspause **462**, die ebenfalls mit den Online-Bewertungen **464 - 466** verbunden sind. Eine Gewichtsbestimmung mit Berücksichtigung von Querbeziehungen **490** ist mit den Online-Bewertungen **464 - 466** und den Online-Gewichten **474 - 476** eingangsseitig sowie auch mit deren Steuerung verbunden. Eine Zusammenfassung zur Adaption der Trainingsintensität während der laufenden Trainingseinheit **480** ist mit den Online-Gewichten **474 - 476** verbunden. Letztere liefert ausgangsseitig zusammen mit der Funktion **462** das Signal zur Trainingssteuerung **700**.

Die Offline-Analyse **500** umfasst die Funktionen Zwischenspeicher für jeden Aspekt **514 - 516**, die mit dem jeweiligen Aspekt verbunden ist. Eine Offline Bewertung für jeden Aspekt **524 - 526** ist mit den entsprechenden Zwischenspeichern für jeden Aspekt **514 - 516** verbunden. Offline-Gewichte für jeden Aspekt **534 - 536** sind mit der Offline Bewertung für jeden Aspekt **524 - 526** verbunden. Eine Gewichtsbestimmung mit Berücksichtigung von Querbeziehungen **510** ist mit dem Zwischenspeicher für jeden Aspekt **514 - 516** Ausgängen, der Offline Bewertung für jeden Aspekt **524 - 526** Ausgängen und der Offline-Gewichte für jeden Aspekt **534 - 536** steuernd verbunden. Eine Feststellung EMG-Vergleichbarkeit **545** ist mit der EMG **400** verbunden. Eine Änderung Trainingsintensität / -modus 550 ist mit der Trainingseinstellungen **420** verbunden. Ein Update Be-

wertungskriterien **560** ist mit der EMG-Vergleichbarkeit **545**, der Änderung Trainingsintensität / -modus 550 sowie mit der Offline Bewertung für jeden Aspekt **524 - 526** verbunden. Eine Zusammenfassung zur Adaption der Trainingsintensität - Empfehlung für die Planungseinheit zur nächsten Trainingseinheit **540** ist mit den Offline-Gewichte für jeden Aspekt **534 - 536** verbunden, die ausgangsseitig das Signal zur Planungseinheit / bzw. als Empfehlung zur Anzeige **710** liefert.

Die Scoring - Einheit **600** umfasst die Funktionen Zustandskriterien **610**, die mit den jeweiligen Aspekten verbunden ist. Eine Schätzung WOB Eigenanteil **620** ist mit dem pneumatische Signalen **410** verbunden. Eine Schätzung WOB gesamt (Gerät + Patient) **630** ist mit dem EMG **400** verbunden. Ein Ready-to-Wean Score **640** ist mit den drei vorgenannten Blöcken **610**, **620** und **630** verbunden und stellt ausgangsseitig das Signal zur Anzeige **720** bereit.

Zusätzlich kann noch eine (nicht gezeigte) Abschätzung des Stresslevels des gesamten Körpers erfolgen, der basierend auf dem im respiratorischen EMG befindlichen Herzschlages mittels Herzfrequenzvariabilität (englisch Heart Rate Variability) ermittelt werden kann.

[0154] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Bezugszeichenliste

10	Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung
12	Erfassungseinrichtung
14	Atmungsbeeinflussungseinrichtung
16	Kontrolleinrichtung
18	Ein- / Ausgabeeinheit
20	Person / Patient
22	Vorrichtung zur Atemmuskelbeeinflussung, optional als mobiles Atemmuskeltrainingsgerät ausgeführt
40	Verfahren zur Atemmuskelbeeinflussung

42	Erfassung der EMG und ggf. der pneumatischen Daten	448	Zustand
		460	Offline-Analyse
44	Erzeugen der Information über den Muskelzustand	462	Empfehlung zum Trainingsabbruch / Empfehlung für „kleine“ Erholungspause
46	Betreiben der Atmungsbeeinflussungseinrichtung	464 - 466	Online-Bewertungen für jeden Aspekt
100	Atemvorrichtung zur Beatmung einer Person	474 - 476	Online-Gewichtungen für jeden Aspekt
170	Trainingssteuerung		
172	Planungseinheit	480	Zusammenfassung zur Adaption der Trainingsintensität während der laufenden Trainingseinheit
174	Muskelzustandsüberwachungseinheit		
176	Anwender	500	Offline-Analyse
178	Patientenfeedback	510	Gewichtsbestimmung mit Berücksichtigung von Querbeziehungen
180	Anwenderfeedback	514 - 516	Zwischenspeicher für jeden Aspekt
200	Energie pro Zeit Diagramm		
210	Mindest-WOB zur Atrophy Vermeidung	524 - 526	Offline Bewertung für jeden Aspekt
220	vom Patienten geleistete WOB	534 - 536	Offline Gewicht für jeden Aspekt
230	Fetigue-Grenze	540	Zusammenfassung zur Adaption der Trainingsintensität-Empfehlung für die Planungseinheit zur nächsten Trainingseinheit
240	WOBself, für selbstständige Atmung		
250	Ortskurve tagesbezogener Fatigue Werte	545	Feststellung EMG Vergleichbarkeit
260	Anzeige der Benennung der dargestellten Werte	550	Änderung Trainingsintensität / -modus
270	Ortskurve tagesbezogener Trainings Erfolgserlebnis (englisch Training Compliance Score)	560	Update Bewertungskriterien
		600	Scoring - Einheit
280	Detailinformation	610	Zustandskriterien
290	Selbst geleistete Atemarbeit, selbst geleisteter WOB	620	Schätzung WOB Eigenanteil
		630	Schätzung WOB gesamt (Gerät + Patient)
300	Anpassung der Trainingsintensität	640	Ready-to-Wean Score
310	Warndreieck wegen erheblichem Husten	700	Signal zur Trainingssteuerung
		710	Signal zur Planungseinheit / bzw. als Empfehlung zur Anzeige
320	akzeptablen Bereich, optional vom Nutzer einstellbar	720	Signal zur Anzeige
400	EMG		
410	Pneumatische Signale		
420	Trainingseinstellungen		
440	Amplitude		
442	mechanische Belastungen		
444	außergewöhnliche Kontraktionen		
446	Fatigue		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- US 2009/0229611 A1 [0006]
- DE 102015011390 A1 [0007, 0010]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20), mit einer Erfassungseinrichtung (12) zur Erfassung eines elektromyographischen Signals der Person;

einer Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14); und einer Kontrolleinrichtung (16) zur Kontrolle der Erfassungseinrichtung (12) und der Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14), wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um basierend auf dem elektromyographischen Signal eine Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person (20) zu bestimmen;

wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus mit einer Trainingsintensität zu betreiben.

2. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung als Atemmuskeltrainingsgerät (22) ausgebildet ist.

3. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um den Trainingsmodus als eine Erschwernis einer Atmung der Person (20) zum Training der Atemmuskulatur auszuführen.

4. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um im Trainingsmodus in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand eine Atembeeinflussung der Person (20) durch die Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) adaptiv anzupassen.

5. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um den Trainingsmodus hinsichtlich einer Trainingsdauer zu beeinflussen.

6. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um den Trainingsmodus in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand abzubrechen.

7. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach Anspruch 6, wobei das Abbrechen des Trainingsmodus in Abhängigkeit von einem Signal durchgeführt wird, das Information über zumindest ein Element der Gruppe von einer Änderung/Abweichung in der Muskelgruppenaufteilung, einer expiratorischen Aktivität, einer inspiratorischen Aktivität, einer antizyklischen Aktivität, schäd-

lichen Druckverhältnissen in der Lunge, anhaltenden Krämpfe, Husten oder Schluckauf, Muskelfatigue über einer als nicht tolerabel angesehenen Schwelle und Detektion von pathologischen Zuständen, die die Person schädigen können, anzeigt.

8. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um Parameter des Trainingsmodus und/oder Parameter einer Atmungsleistung der Person (20) während der Dauer des Trainingsmodus oder im Anschluss an den Trainingsmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) auszugeben.

9. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach Anspruch 8, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um die Ausgabe (18) optisch und/oder haptisch und/oder akustisch und bezogen auf eine Zielgröße für diese Person (20) durchzuführen.

10. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um den Betrieb des Trainingsmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) durch die Person (20) initiiert und/oder parametrierbar zu machen.

11. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand den Trainingsmodus für einen vorgegebenen Zeitraum zu unterbrechen.

12. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit von Signalen, die eine Intensität einer Fatigue und/oder eines Krampfs und/oder einer expiratorischen Aktivität anzeigen, zu ermitteln.

13. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach Anspruch 12, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um eine akzeptable Zielintensität einer Fatigue und/oder eines Krampfs und/oder einer expiratorischen Aktivität zu ermitteln, wobei die akzeptable Zielintensität als zeitlich konstanter oder zeitlich veränderbarer Zielbereich oder Zielpunkt ausgebildet ist.

14. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit von Signalen, die Informationen über das Zwerchfell und/oder die Intercostalmuskulatur und/oder Antagonisten umfassen, zu ermitteln.

15. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um die Information über den Muskelzustand in Abhängigkeit eines pneumatischen Signals zu ermitteln.

16. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ausgebildet ist, um bei der Ermittlung der Information über den Muskelzustand für zumindest einige Signale eine Bewertung, Gewichtung und Zusammenfassung durchzuführen; und um den Trainingsmodus in Abhängigkeit der zusammengefassten Signale zu ermitteln.

17. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um ein Diagnosemanöver über den Muskelzustand der Person (20) durch gezielte Belastung durchzuführen.

18. Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um die Ergebnisse des Diagnosemanövers und/oder Parameter einer Atmungsleistung jeweils bezogen auf Zielvorgaben für die Person (20) auszugeben und/oder Parameter des Trainingsmodus auszugeben.

19. Atemvorrichtung (100) zur Beatmung einer Person (20) umfassend eine Vorrichtung (10) zur Atemmuskelbeeinflussung der Person (20) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um die Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand zu einem ersten Zeitpunkt in einem Normalmodus mit einer ersten Trainingsintensität und zu einem zweiten Zeitpunkt in einem Trainingsmodus mit einer zweiten Trainingsintensität zu betreiben, und wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um den Trainingsmodus und die zweite Trainingsintensität während des Normalmodus der Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand für zukünftige zweite Zeitpunkte anzupassen.

20. Atemvorrichtung (100) zur Beatmung einer Person (20) nach Anspruch 19, wobei die Kontrolleinrichtung (16) ferner ausgebildet ist, um den Trainingsmodus als eine zeitlich begrenzte Veränderung einer Atmungsunterstützung der Person (20) zum Training der Atemmuskulatur der Person (20) auszuführen.

21. Verfahren (40) zur Atemmuskelbeeinflussung einer Person (20), umfassend:
Erfassen (42) eines elektromyographischen Signals der Person;

Erzeugen (44) einer Information über einen Muskelzustand einer Atemmuskulatur der Person (20) basierend auf dem elektromyographischen Signal;
Betrieb (46) einer Atmungsbeeinflussungseinrichtung (14) in Abhängigkeit der Information über den Muskelzustand in einem zeitlich begrenzten Trainingsmodus.

22. Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens (40) gemäß Anspruch 21, wenn der Programmcode auf einem Computer, einem Prozessor oder einer programmierbaren Hardwarekomponente ausgeführt wird.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

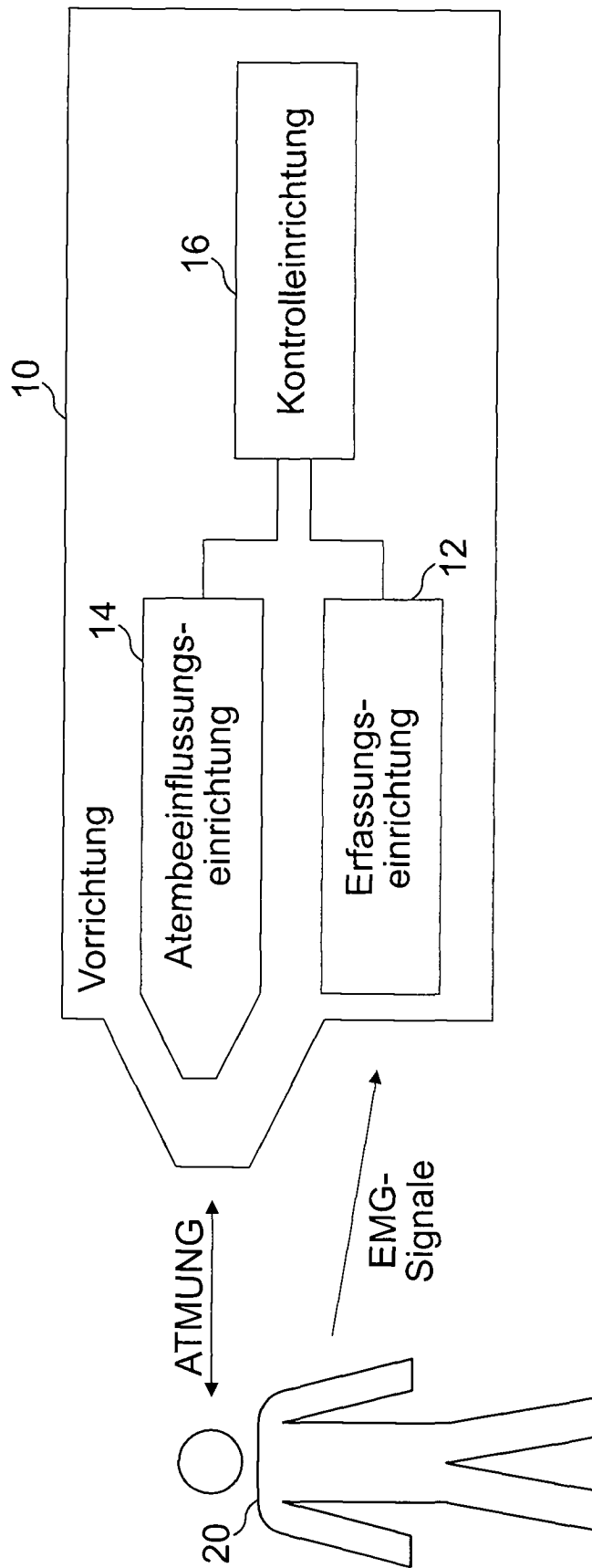


FIG. 1

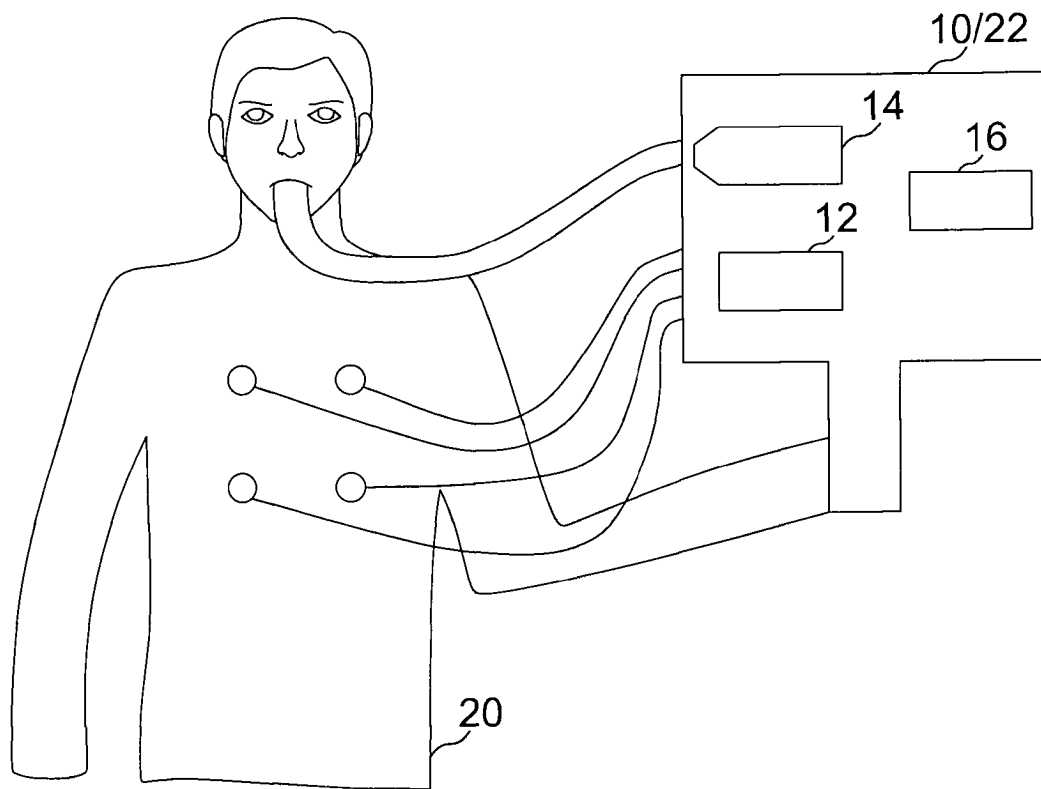


FIG. 2

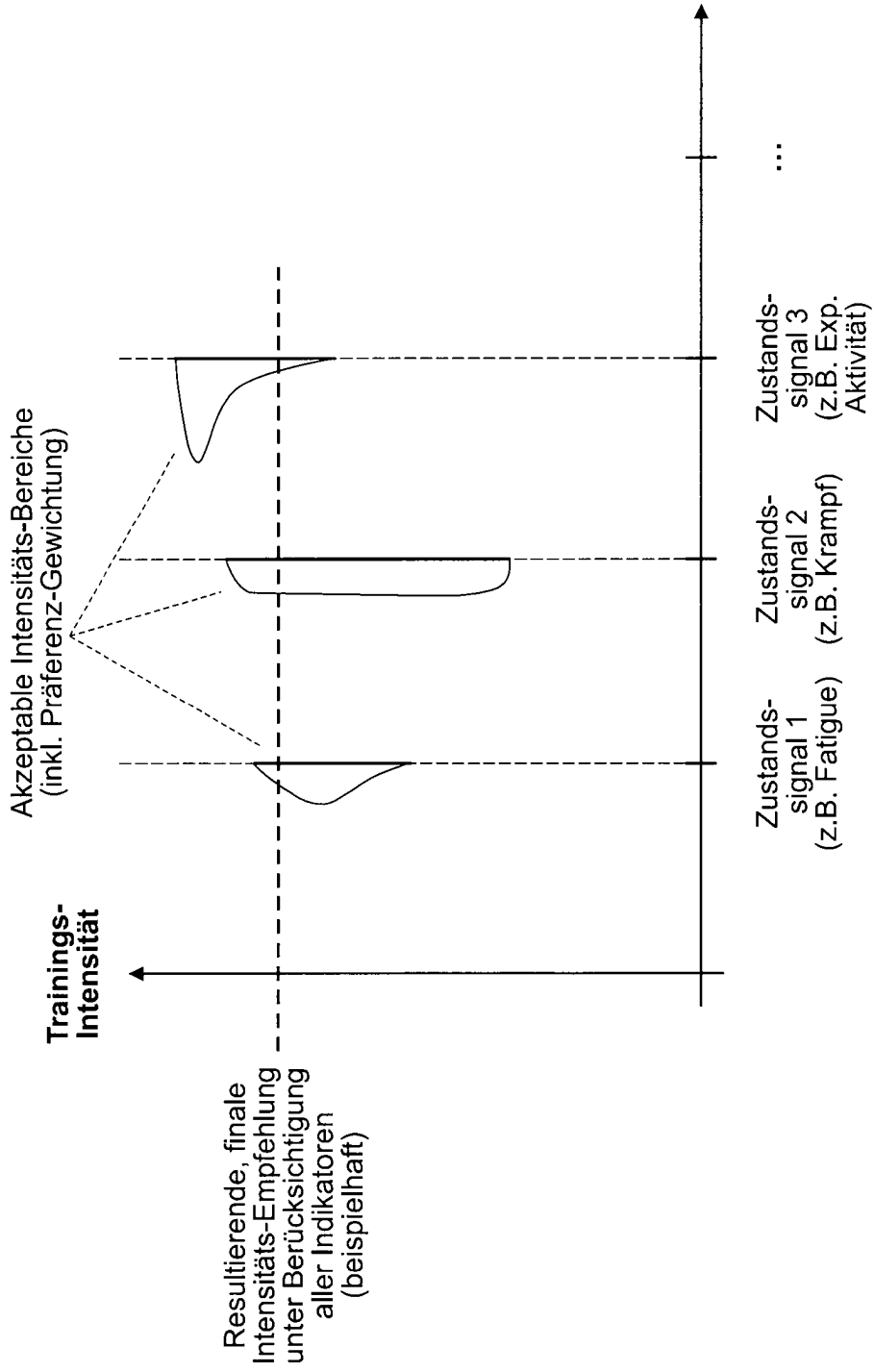


FIG. 3

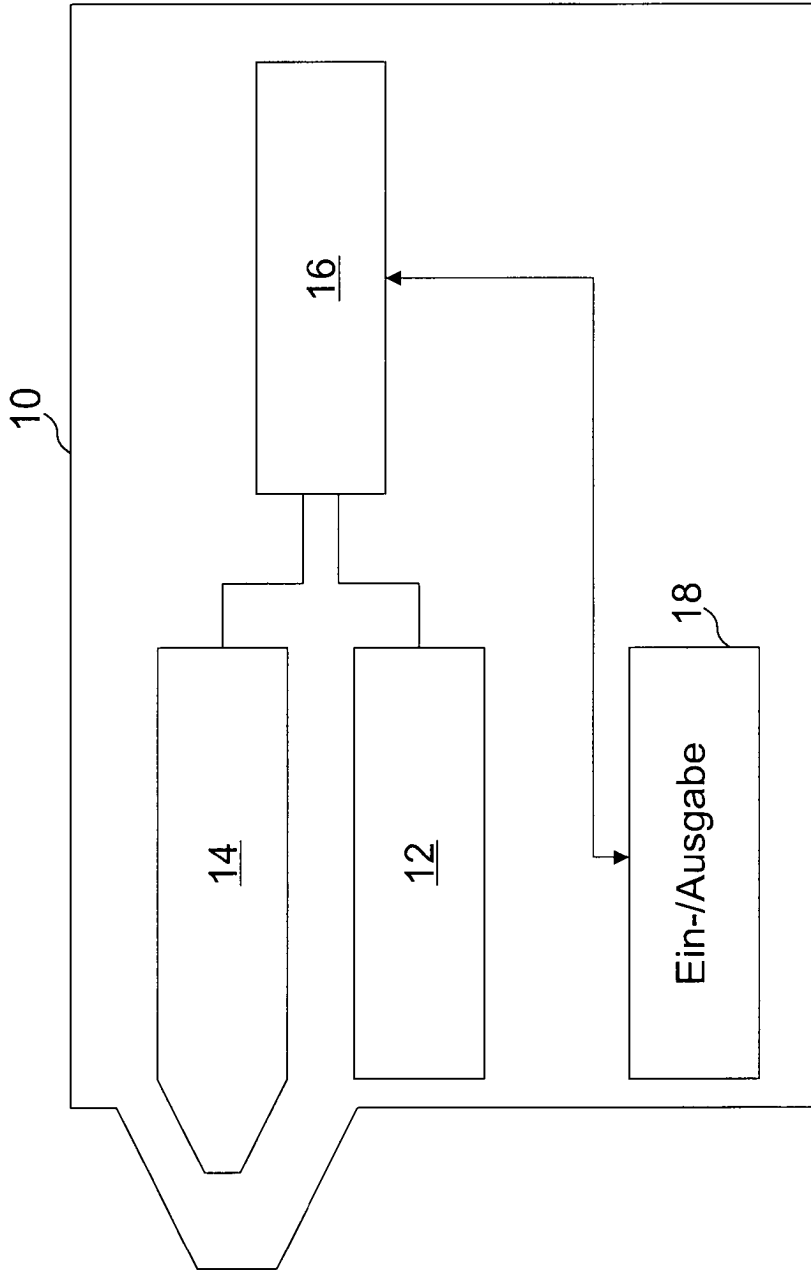


FIG. 4

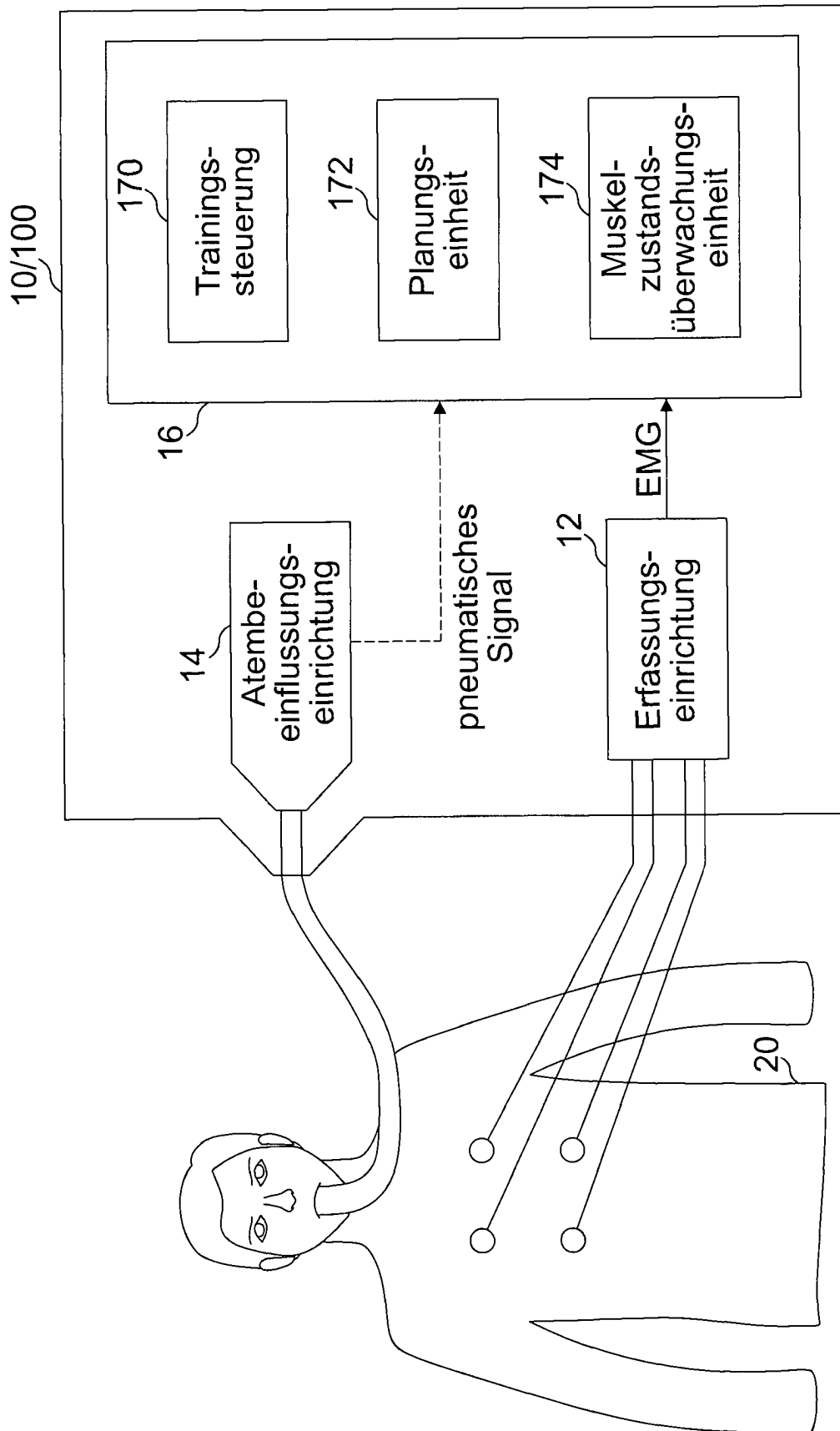


FIG. 5

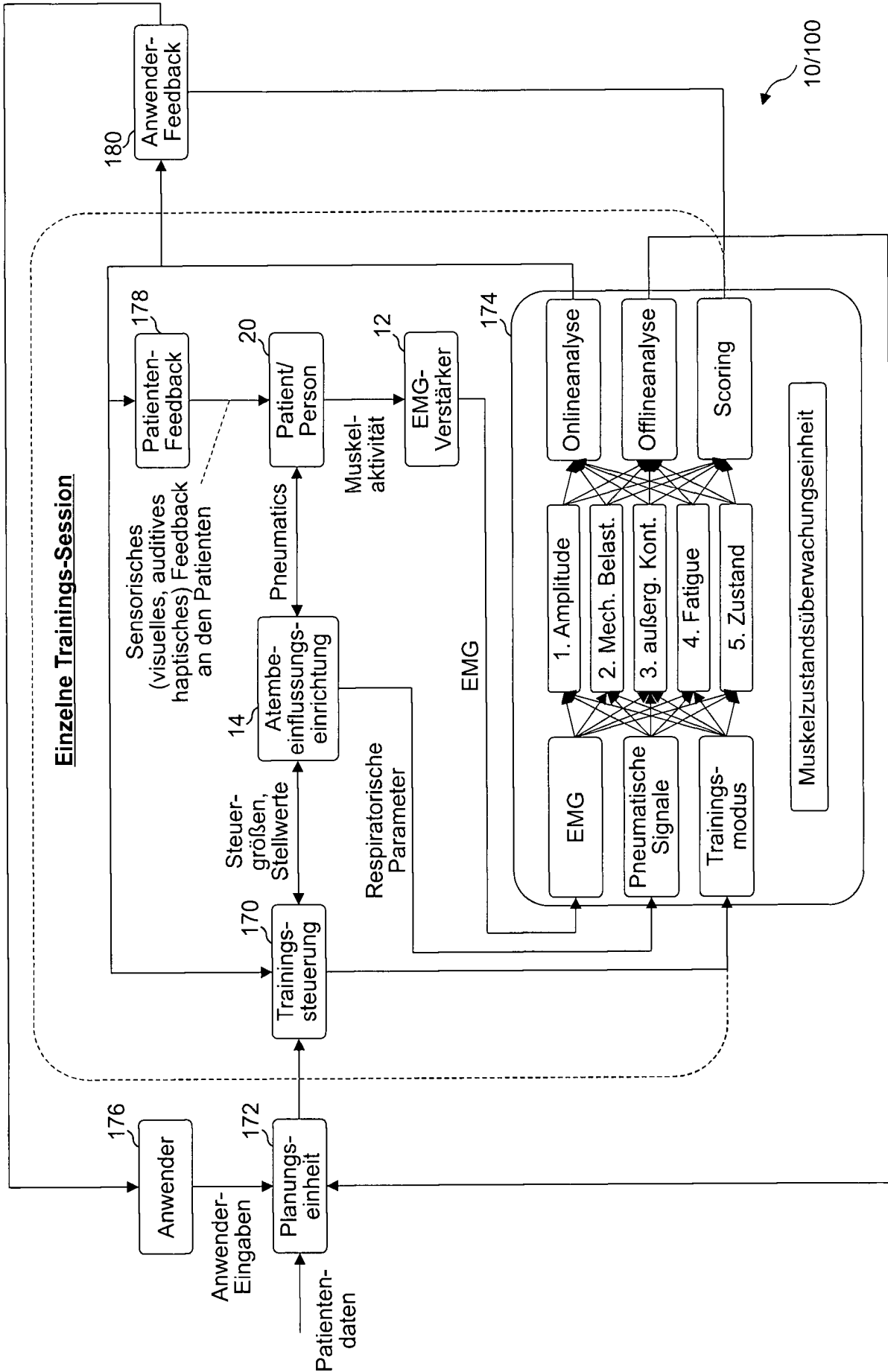


FIG. 6

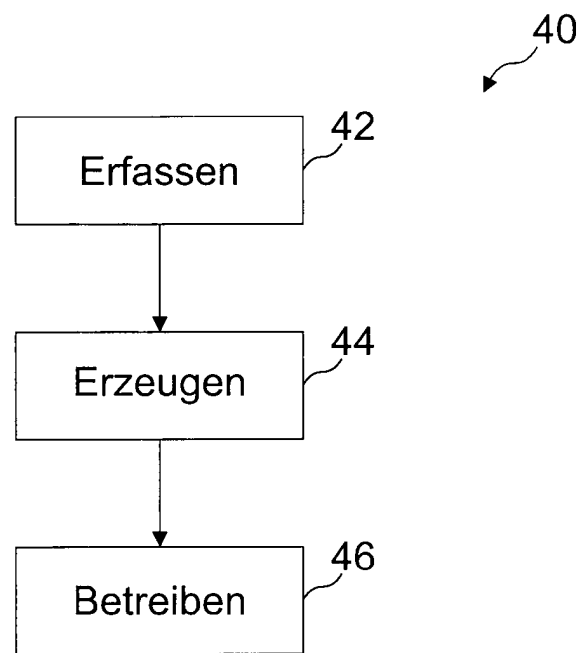


FIG. 7

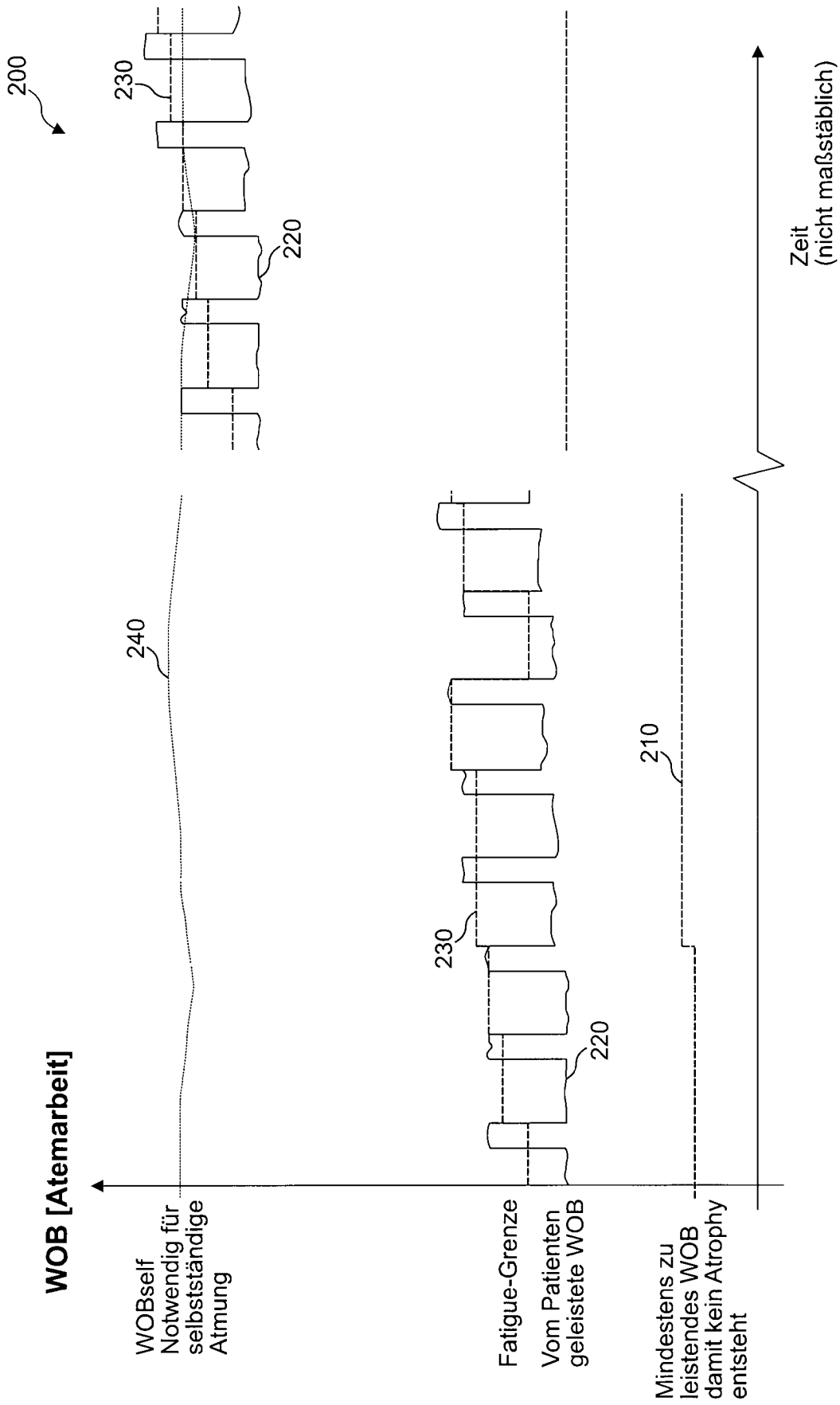


FIG. 8

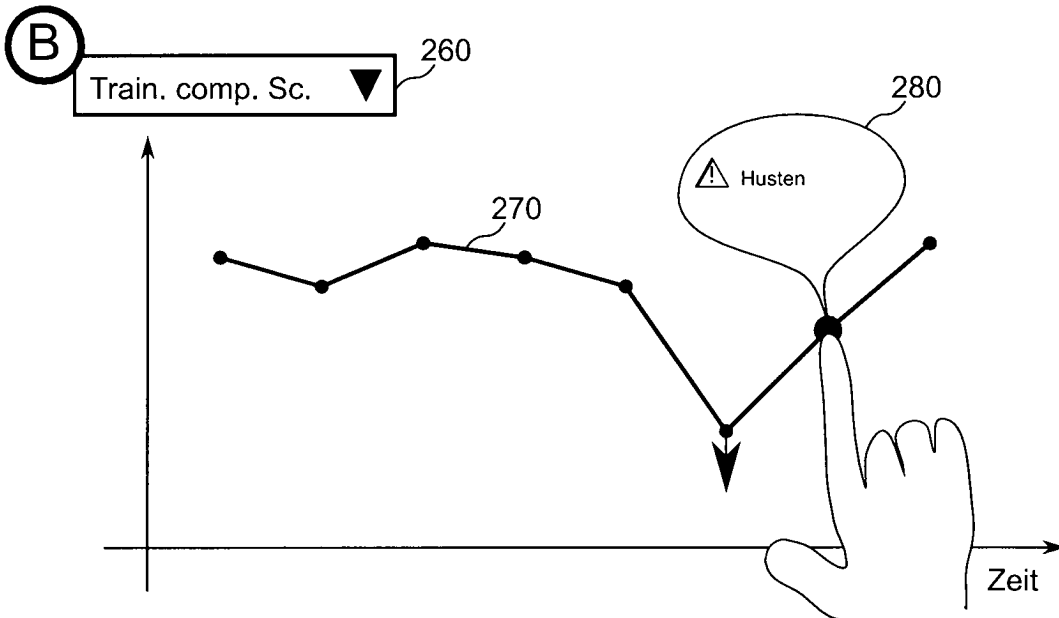
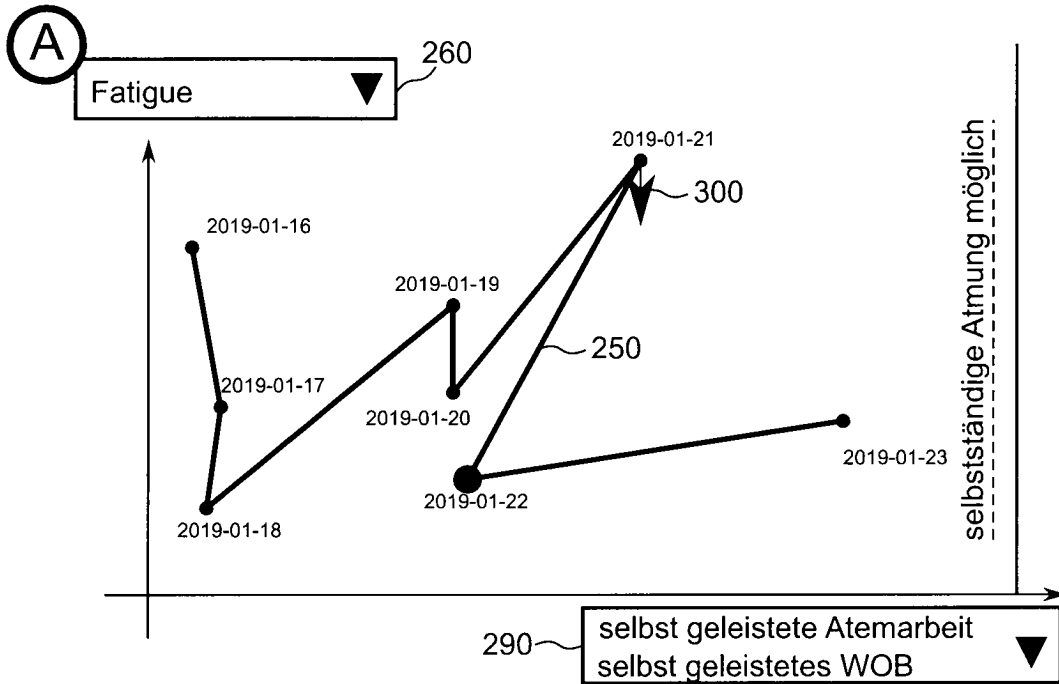


FIG. 9A

FIG. 9A-1
FIG. 9A-2

FIG. 9A-1

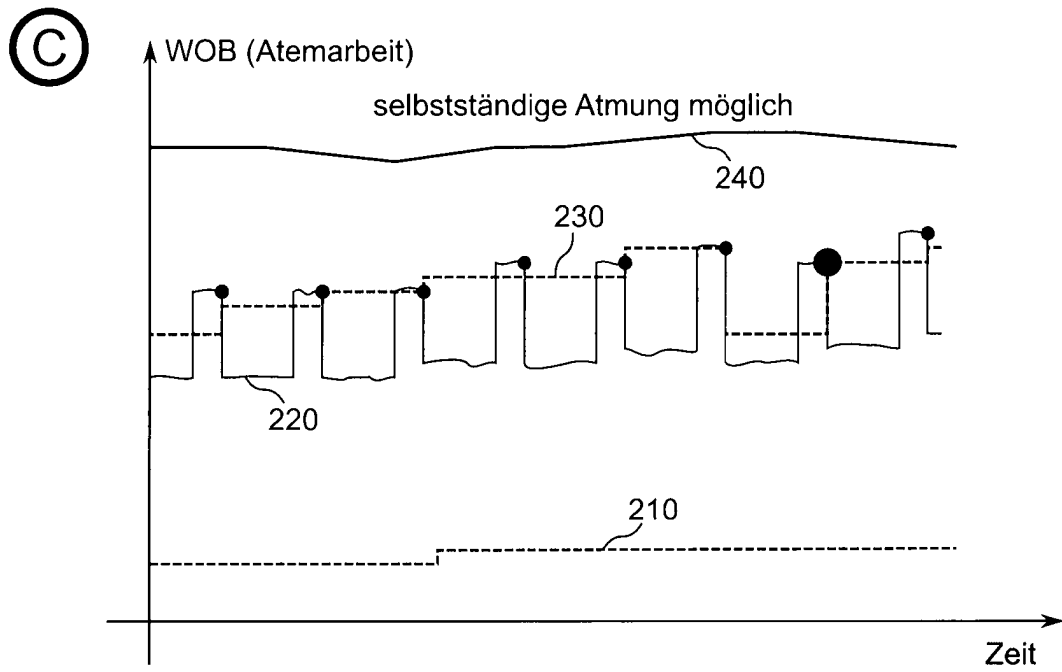


FIG. 9A-2

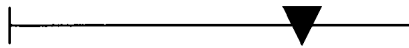
D

Trainingsdetails

Atemmuskeltraining vom
2019-01-22 13:47

Trainingseigenschaften

Trainingsintensität



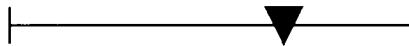
Trainingsdauer

6 min

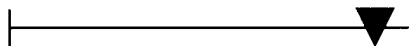
Atmung

Score

selbst geleistete Atemarbeit



Husten



310
2

Krämpfe 320



7

Muskelgruppenaufteilung Inspiration

Zwerchfell
Intercostal
obere Atemhilfsmuskulatur
Bauchmuskulatur

6

Muskelgruppenaufteilung Expiration

Zwerchfell
Intercostal
obere Atemhilfsmuskulatur
Bauchmuskulatur

4

Inspiration / Expiration ratio Zwerchfell

5

Score Trainingscompliance
(Zusammenfassung)

6.5

FIG. 9B

FIG. 9B-1
FIG. 9B-2

FIG. 9B-1

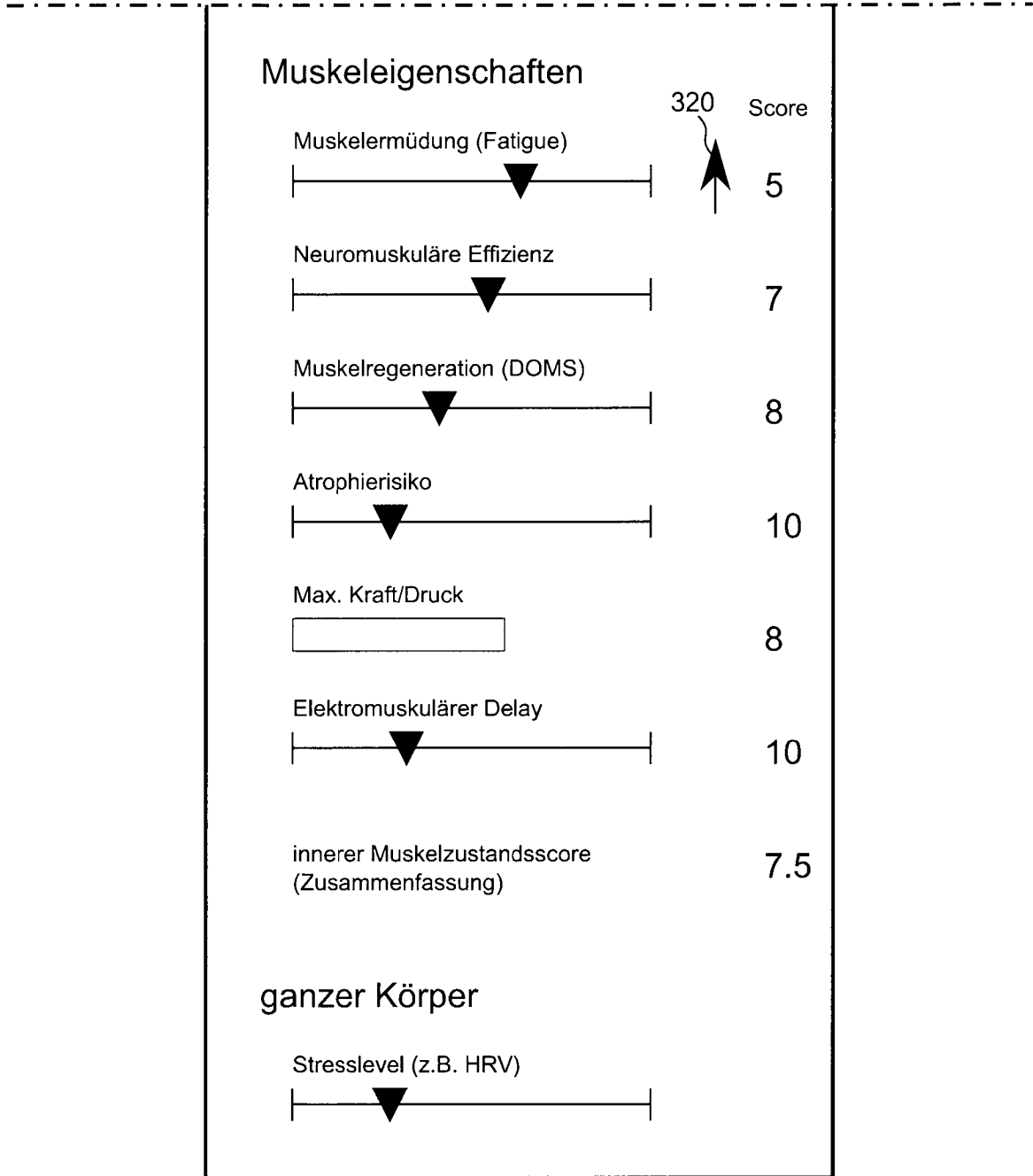


FIG. 9B-2

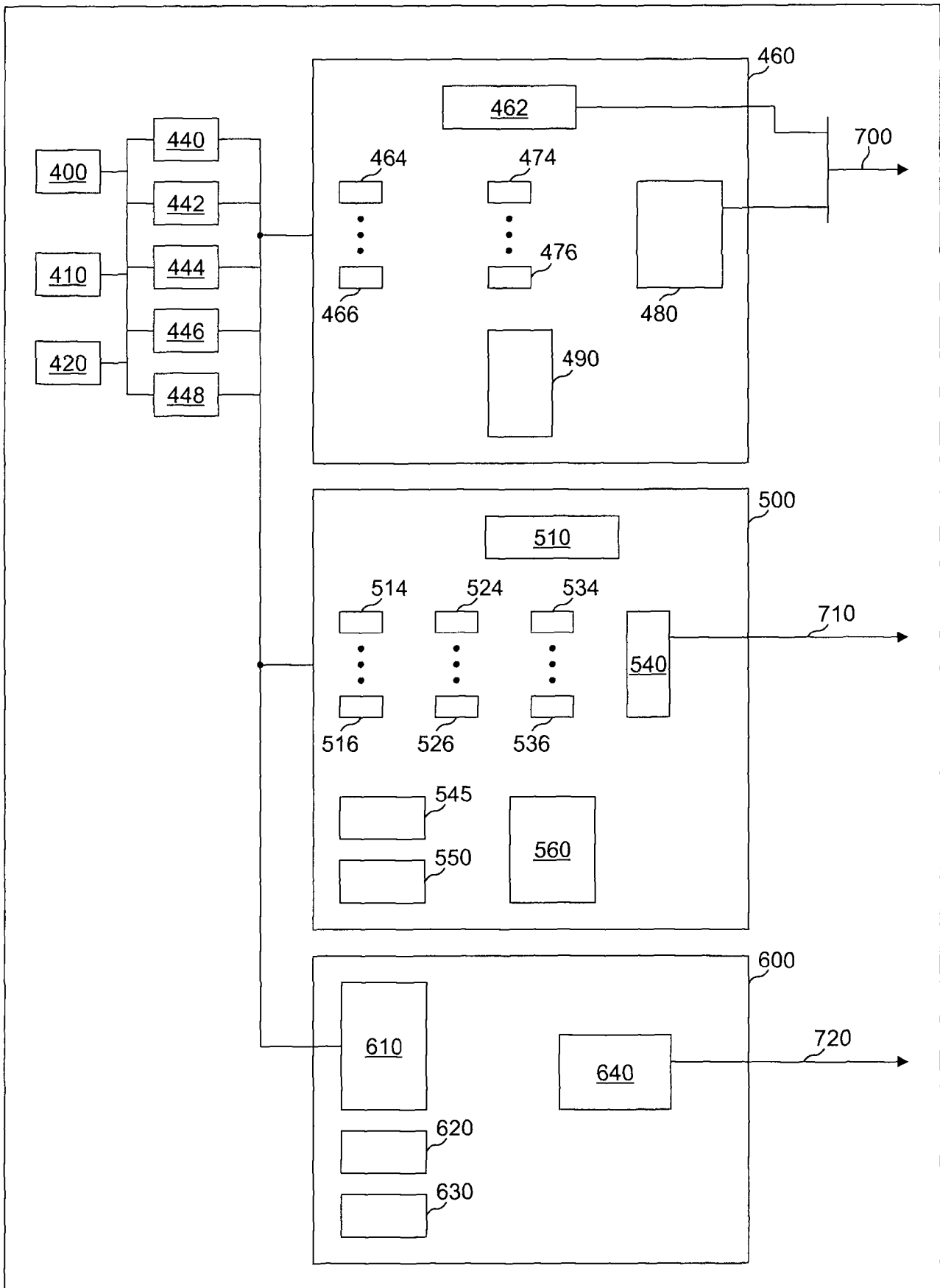


FIG. 10