

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
14. August 2014 (14.08.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/121925 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
A63B 23/18 (2006.01) *A61M 16/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/000305
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. Februar 2014 (05.02.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 001 913.3
5. Februar 2013 (05.02.2013) DE
- (71) Anmelder: **RHEINISCH-WESTFÄLISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN (RWTH)**
[DE/DE]; Templergraben 55, 52062 Aachen (DE).
- (72) Erfinder: **KASHEFI-KHORASANI, Ahmad, Ali;**
Eburonenstraße 11, 52074 Aachen (DE).
DAUTZENBERG, Rainer; Tittardfeld 100, 52072
Aachen (DE).
- (74) Anwalt: **COHAUSZ HANNIG BORKOWSKI
WIßGOTT;** Schumannstrasse 97-99, 40237 Düsseldorf
(DE).

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

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PERFORMING RESPIRATORY TRAINING

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG EINES ATEMTRAININGS

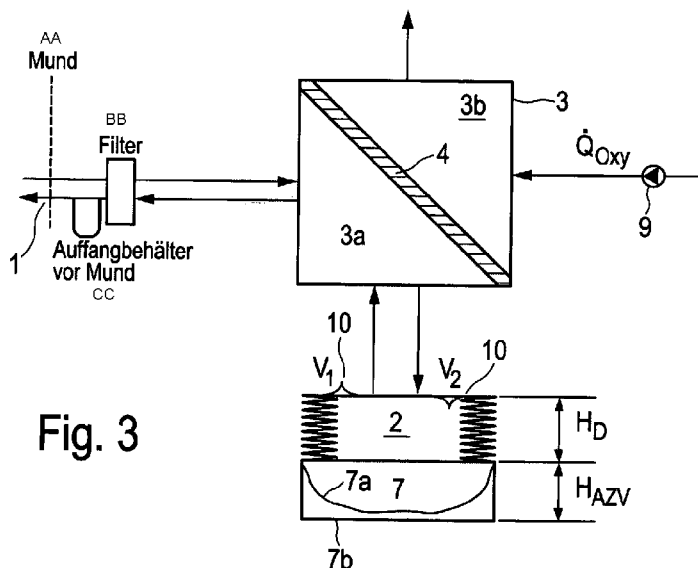


Fig. 3

AA mouth
BB filter
CC collecting container in front of mouth

(57) Abstract: The invention relates to a device for performing respiratory training, in particular altitude training, comprising a mouthpiece (1) through which a person can exhale respiratory gas into a volume (2, 3a, 7) or can inhale it out of the volume (2, 3a, 7), wherein this volume (2, 3a, 7) is formed at least in part by a container (2) which is adjustable in terms of its volume and which is connected to the mouthpiece, wherein the volume (2, 3a, 7) adjoins one side of at least one gas-permeable membrane (4), to the other side of which at least one gas exchange chamber (3b) is connected, through which a fluid provided for the gas exchange, in particular CO₂ and/or O₂ gas exchange, can actively flow. Furthermore, the invention also relates to a method for performing respiratory training, in particular altitude training, wherein a person exhales into a training device through a mouthpiece (1) and inhales from this training device, wherein the O₂ and/or CO₂ partial pressure in the respiratory gas inhaled from the device is influenced by exchange of O₂ and/or CO₂ between the respiratory gas in the training device and a fluid provided for the gas exchange through at least one gas-permeable membrane (4).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings umfassend eine Mündungsöffnung (1), durch die hindurch von einer Person Atemgas in ein Volumen (2, 3a,7) ausatembar oder aus dem Volumen (2, 3a,7) einatembar ist, wobei dieses Volumen (2, 3a,7) zumindest zum Teil durch einen in seinem Behältervolumen einstellbaren, mit der Mündungsöffnung verbundenen Behälter (2) gebildet ist, wobei das Volumen (2, 3a,7) an eine Seite wenigstens einer gaspermeablen Membran (4) angrenzt, an deren andere Seite wenigstens eine Gasaustauschkammer (3b) angeschlossen ist, insbesondere die aktiv von einem für den Gasaustausch, insbesondere CO₂- und/oder O₂-Gasaustausch vorgesehenen Fluid durchströmbar ist. Die Erfindung betrifft weiterhin auch ein Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings wobei eine Person durch eine Mündungsöffnung (1) in eine Trainingsvorrichtung ausatmet und aus dieser Trainingsvorrichtung einatmet, wobei der O₂- und/oder CO₂-Partialdruck in dem aus der Vorrichtung eingeatmeten Atemgas beeinflusst wird durch Austausch von O₂ und/oder CO₂ zwischen dem Atemgas in der Trainingsvorrichtung und einem zum Gasaustausch vorgesehenen Fluid durch wenigstens eine gaspermeable Membran (4) hindurch.

Vorrichtung und Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings, umfassend eine Mündungsöffnung, durch die hindurch von einer Person Atemgas in ein Volumen der Vorrichtung ausatembar oder aus dem Volumen der Vorrichtung einatembar ist, wobei dieses Volumen zumindest zum Teil durch einen in seinem Behältervolumen einstellbaren, mit der Mündungsöffnung verbundenen Behälter gebildet ist.

Die Erfindung betrifft weiterhin auch ein Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings, wobei eine Person durch eine Mündungsöffnung in eine Trainingsvorrichtung ausatmet und aus dieser Trainingsvorrichtung einatmet, insbesondere wobei zur Durchführung des Verfahrens eine vorgenannte gattungsgemäße Vorrichtung zum Einsatz kommen kann.

Im Stand der Technik ist es zum Beispiel bei Sportlern bekannt, dass diese ein Atemtraining als sogenanntes Höhenttraining durchführen unter reduziertem Sauerstoffpartialdruck, was ein Training in einer größeren Höhenlage simuliert, um so die sportliche Leistungsfähigkeit in niedrigeren Höhenlagen zu vergrößern. Positive Effekte beruhen hier im Wesentlichen auf einer Anpassungsreaktion des Körpers unter Hypoxiebedingungen, so dass ein solches unter reduziertem O₂-Partialdruck durchgeführtes Training die Leistungsfähigkeit physisch wie auch psychisch positiv beeinflussen kann.

Die Simulation der Atmung in einer großen Höhe wird hierbei grundsätzlich erzielt durch Einstellung eines verringerten O_2 -Partialdruckes in dem einzuatmenden Atemgas gegenüber üblichen Höhenlagen wie beispielsweise auf Meeresniveau.

Statt einem tatsächlichen Training in der entsprechenden Höhe, kann dies mit einer gattungsgemäßen Vorrichtung erzielt werden, bei welcher eine trainierende Person Atemgas in ein Volumen ausatmet und aus diesem Volumen einatmet, so dass sich das eingeatmete Inspirationsgas zumindest zum Teil aus dem ausgeatmeten Atemgas zusammensetzt und demnach durch den Sauerstoffverbrauch der atmenden Person der O_2 -Partialdruck abgesenkt wird. Es findet demnach im Stand der Technik quasi eine Pendelatmung statt, bei welcher die atmende Person immer einen Teil des ausgeatmeten Atemgases (Expirationsgas) wieder einatmet.

Vorliegend wird von Atemgas statt Atemluft gesprochen, da der Begriff „Luft“ eine feste bestimmte Gaszusammensetzung suggeriert, diese sich jedoch gerade mit der Vorrichtung gegenüber der Zusammensetzung normaler Luft ändert, insbesondere hinsichtlich der Partialdrücke von Sauerstoff und Kohlendioxid.

Die im Stand der Technik bekannten Vorrichtungen stellen hierfür ein Volumen bereit, das zumindest zum Teil durch einen in seinem Behältervolumen einstellbaren Behälter gegeben ist, der an eine Mündungsöffnung, beispielsweise an einem in den Mund zu nehmenden Mundstück oder aber auch an einer zu tragenden Maske angeordnet ist. Durch Wahl der Größe des Behältervolumens kann das gesamte Volumen einer solchen Vorrichtung beeinflusst werden und somit auch der Anteil des ausgeatmeten Atemgases (Expirationsgas), das durch die trainierende Person wieder eingeatmet wird. Es lässt sich demnach durch die Wahl des Behältervolumens bei den Vorrichtungen des Standes der Technik der O_2 -Partialdruck einstellen, unter dem die trainierende Person das Atemtraining, z.B. ein Höhenttraining durchführt.

Bei dem hierdurch möglichen Atemtraining beziehungsweise einem Verfahren zur Durchführung eines solchen, insbesondere mit einer vorgenannten Vorrichtung wird bevorzugt ein solches Verfahren verstanden, welches nicht zu

therapeutischen Zwecken seitens einer Person durchgeführt wird, sondern bevorzugt nur zu dem Zweck, die sportliche Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

Die bislang im Stand der Technik bekannten Vorrichtungen beziehungsweise Verfahren zur Durchführung eines solchen Atemtrainings, wie beispielsweise eines Höhentrainings haben den Nachteil, dass zwar durch die Veränderung des Behältervolumens beziehungsweise des Gesamtvolumens einer entsprechenden Vorrichtung der Sauerstoffpartialdruck beeinflusst werden kann, insbesondere durch Vergrößerung des Volumens der Sauerstoffpartialdruck verringert werden kann.

Es ergibt sich jedoch im Zusammenhang mit dieser Änderung des Sauerpartialdruckes der Nachteil, dass gleichzeitig auch der CO_2 -Partialdruck in dem Atemgas innerhalb des genannten Volumens und somit in dem einzusatmenden Atemgas (Inspirationsgas) beeinflusst wird, insbesondere derart, dass mit Vergrößerung des Behältervolumens und somit Verringerung des O_2 -Partialdruckes sich eine Erhöhung des CO_2 -Partialdruckes einstellt, was nachteilige Auswirkungen auf den Körper der trainierenden Person hat.

Es sind daher weiterhin Vorrichtungen bekannt geworden, bei denen der Vorgang des Einatmens durch einen Filter hindurch stattfindet, der mit einem Absorbermaterial gefüllt ist, um CO_2 aus der eingeatmeten Luft zu absorbieren. Auch dies ist jedoch problembehaftet, da gegebenenfalls feine Stäube des Absorbers in die Lunge der trainierenden Person gelangen können, mit gegebenenfalls negativen Auswirkungen oder aber auch dadurch, dass einzusetzende Filter, insbesondere auch solche, die das Eindringen von Feinstäuben verhindern, einen großen Atemwiderstand erzeugen.

Die Absorption des ausgeatmeten CO_2 ist eine zeitabhängige Größe, so dass, der CO_2 -Partialdruck (CO_2 -Konzentration) im Atemgas (Inspirationsgas) ebenfalls zeitabhängig ist. Sobald die Absorptionseffektivität nicht mehr 100% beträgt, steigt undefiniert die CO_2 -Konzentration im Atemgas (Inspirationsgas) an.

Darüber hinaus existieren Anwendungsfälle, in denen es gewünscht ist, neben der Einstellung eines bestimmten O₂-Partialdruckes auch einen bestimmten CO₂-Partialdruck einzustellen, was mit den bisherigen gattungsgemäßen Vorrichtungen mangels einer ausdrücklichen Kontrollierbarkeit, insbesondere des CO₂-Partialdruckes nicht erzielt werden kann.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung der eingangs genannten gattungsgemäßen Art bereitzustellen, ebenso wie ein Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings, mit denen sich die Möglichkeit erschließt, gezielt den O₂-Partialdruck und/oder den CO₂-Partialdruck in dem einzuatmenden Atemgas (Inspirationsgas) einer trainierenden Person einzustellen. Es ist demnach weitere Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings bereitzustellen, mit denen ohne weitere Risiken für die trainierende Person im Wesentlichen beliebige Höhenlagen simuliert werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Vorrichtung der eingangs genannten gattungsgemäßen Art gelöst, bei welcher weiterhin das Volumen der Vorrichtung, welches zumindest zum Teil durch einen in seinem Behältervolumen einstellbaren, mit einer Mündungsöffnung verbundenen Behälter gebildet ist, an eine Seite wenigstens einer gaspermeablen Membran angrenzt, an deren andere Seite wenigstens eine Gasaustauschkammer angeschlossen ist, so dass sich durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung die Möglichkeit erschließt, den CO₂- und/oder O₂-Partialdruck des Atemgases in dem Volumen der Vorrichtung durch die wenigstens eine gaspermeable Membran durch einen hierdurch stattfindenden Gasaustausch mit einem Fluid in der Gasaustauschkammer zu beeinflussen.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung kann hierfür derart ausgestaltet sein, dass die Mündungsöffnung, durch die eine Person ein- und ausatmet, die beispielsweise als in den Mund zu nehmendes Mundstück ausgebildet ist oder aber auch die sich in einer das Gesicht abdeckenden Maske befindet, mit dem in seinem Behältervolumen einstellbaren Behälter verbunden ist, wobei sich das Gesamtvolumen der Vorrichtung neben dem einstellbaren Behältervolumen auch

durch Zuleitungskanäle oder Schläuche zwischen Mündungsöffnung und Behälter ergibt, so wie durch gegebenenfalls andere, an der Vorrichtung vorgesehene Elemente, die ein inneres Volumen bereitstellen, wie beispielsweise einen Gasaustauschbereich, welcher gegenüberliegend der zuvor genannten Gasaustauschkammer auf der anderen Seite der wenigstens einen gaspermeablen Membran angeordnet ist und somit sich ebenso innerhalb des Volumens der Vorrichtung befindet bzw. dieses mitbildet.

Dabei ist es für die Funktionsfähigkeit der Vorrichtung unbeachtlich, ob, beispielsweise bezogen auf einen Ausatemungsprozess, die wenigstens eine gaspermeable Membran vor dem Behälter oder nach dem Behälter angeordnet ist, wenngleich erfindungsgemäß eine Vorrichtung bevorzugt wird, bei der die wenigstens eine gaspermeable Membran in Strömungsrichtung des ausgeatmeten Atemgases vor dem in seinem Behältervolumen einstellbaren Behälter positioniert ist.

Dies bedeutet, dass eine Person beim Ausatmen das Atemgas durch die Mündungsöffnung und durch einen verbindenden Kanal oder Schlauchbereich in einen Volumenteil der Vorrichtung atmet, in dem die wenigstens eine eingangs genannte gaspermeable Membran angeordnet ist, das Atemgas an dieser wenigstens eine gaspermeablen Membran entlangstreicht, hierbei ein Gasaustausch von Sauerstoff und/oder Kohlendioxid stattfinden kann und das ausgeatmete Atemgas sodann in den in seinem Behältervolumen einstellbaren Behälter gelangt.

Gegenüber den bislang im Stand der Technik bekannten Vorrichtungen und Verfahren wird hier vorteilhafter Weise erzielt, dass im Wesentlichen der O₂-Partialdruck und/oder CO₂-Partialdruck durch den Gasaustausch durch die wenigstens eine gaspermeable Membran hindurch beeinflusst wird und somit wunschgemäß ein Höhenttraining beziehungsweise ein Training unter einem bestimmten gegenüber der Meereslage reduzierten O₂-Partialdruck durchgeführt werden kann, insbesondere unter reproduzierbaren einstellbaren Bedingungen.

Diese reproduzierbaren einstellbaren Bedingungen ergeben sich im Wesentlichen dadurch, dass der Gasaustausch beeinflussbar ist durch die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Volumenstrom des für den Gasaustausch vorgesehenen Fluides auf der Seite der Gasaustauschkammer, welche von dem Fluid durchströmt ist. Bei einem solchen für den Gasaustausch vorgesehenen Fluid kann es sich beispielsweise um ein Gas, jedoch grundsätzlich auch um eine Flüssigkeit handeln.

Die Stärke des Gasaustausches und somit die unmittelbare Beeinflussung der jeweiligen Partialdrücke von O_2 und CO_2 kann demnach maßgeblich durch die Strömungsgeschwindigkeit beziehungsweise den Volumenstrom des eingesetzten Fluides eingestellt werden.

Dabei kann bevorzugt eine aktive Durchströmung der Gasaustauschkammer mit dem vorgesehenen Fluid vorgenommen werden, beispielsweise mittels eines Antriebs, bevorzugt der von der Vorrichtung direkt umfasst ist, und mit dem das Fluid durch die Gasaustauschkammer gepumpt werden kann. Ein solcher Antrieb kann beispielsweise ein elektromotorischer Antrieb sein oder aber auch durch die Atemgasströmung von ein- und ausgeatmete Atemgas einer trainierenden Person betrieben sein, so dass eine externe Energiezuführung entbehrlich ist. Ein solcher Antrieb kann beispielsweise durch die sich ändernden Druckverhältnisse in dem Behälter oder auch durch eine Volumenänderung und eine sich dadurch ergebende mechanische Bewegung eines sich mit der Volumenänderung bewegendes Teiles erzielt werden.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise der Durchführung des Verfahrens kann es im einfachsten Fall vorgesehen sein für den Gasaustausch eine einzige gaspermeable Membran vorzusehen, wobei zu der einen Seite dieser gaspermeablen Membran das ausgeatmete und/oder einzuatmende Atemgas strömt und an der anderen Seite dieser gaspermeablen Membran das für den Gasaustausch vorgesehene Fluid. Die Volumenstrombereitstellung des Fluides kann z.B. durch die trainierende Person durch sportliche Aktivitäten (Antreiben eines Ventilators durch Muskelkraft) bereitgestellt werden.

Sofern jedoch die für den Gasaustausch zur Verfügung stehende Fläche bei einer solchen Membran als nicht genügend groß angesehen wird, kann eine bevorzugte Weiterbildung es auch vorsehen, dass das Volumen der Vorrichtung an die jeweils äußere Oberfläche einer Vielzahl gaspermeabler Hohlfasern angrenzt, deren jeweiliges Inneres von einem für den Gasaustausch, insbesondere für den CO₂ oder O₂ Gasaustausch vorgesehenen Fluid durchströmbar ist, insbesondere wobei eine solche Vielzahl gaspermeabler Hohlfasern durch ein Hohlfaserbündel gebildet werden kann.

Der Volumenbereich einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, in dem sich solche gaspermeable Hohlfasern befinden, kann demnach beispielsweise durch einen sogenannten Oxygenator gebildet werden, wie er zur Beatmung, zum Beispiel im Rahmen des Einsatzes von Herz-Lungen-Maschinen eingesetzt wird. Ein solcher Oxygenator ist üblicherweise in einem Gehäuse angeordnet, welches zwei durch die gaspermeablen Hohlfasern getrennte Volumenbereiche aufweist, wobei der eine Volumenbereich dem eingangs genannten inneren Volumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zugeordnet ist, insbesondere der, der an die äußere Oberfläche der Hohlfasern angrenzt und der andere Volumenbereich, dem für den Gasaustausch vorgesehenen Fluid zugeordnet ist.

Für den Gasaustausch geeignete gaspermeable Membrane beziehungsweise Hohlfasern können beispielsweise aus den folgenden Materialien ausgebildet sein: Polymethylpenthen, Silicon, Polypropylen.

Durch Wahl unterschiedlicher O₂/CO₂-Permeabilitätsverhältnisse der eingesetzten Membranen (Hohlfasern) können in der erfindungsgemäßen Vorrichtung unterschiedliche O₂- und CO₂-Transferraten und somit unterschiedliche O₂- und CO₂-Partialdrücke (Konzentrationen) eingestellt werden.

Eine Ausführung der Erfindung kann es auch vorsehen, dass die Vielzahl gaspermeabler Hohlfasern gebildet ist durch ein modular bestückbares Aufnahmeelement, in welches wenigstens ein Modul mit einer Vielzahl von

Hohlfasern einsetzbar ist, bevorzugt in welches wenigstens zwei Module mit je einer Vielzahl von Hohlfasern einsetzbar ist.

In einem solchen Aufnahmeelement, das ein Gasauscher-Einheit ausbildet, grenzt das vorgenannte Volumen der Vorrichtung über das wenigstens eine Modul an die Gasaustauschkammer an. Durch die Modularität kann so auf einfache Weise eine gewünschte Transferrate durch Wahl eines bestimmten oder mehrerer bestimmter, auch untereinander unterschiedlicher Module von je einer Vielzahl von Hohlfasern eingestellt werden.

Hierbei können somit die O₂- und CO₂-Transporte in der Gasauscher-Einheit, deren Membranoberfläche und somit die O₂- und CO₂-Partialdrücke (Konzentrationen) im Inspirationsgas beeinflusst und eingestellt werden.

Eine Ausführung kann auch vorsehen, die Hohlfasern mit einem CO₂-Absorber, z.B. in den Wänden der Hohlfasern auszustatten. Bei einem modularen Aufbau kann z.B. ein Modul solche absorbierenden Hohlfasern aufweisen, insbesondere vollständig nur aus absorbierenden Holfasern gebildet sein. Ein solches Modul oder auch mehrerer solcher absorbierender Module können z.B. zusammen mit einem oder mehreren nicht absorbierenden Modulen in der vorgenannten Gasaustausch-Einheit zum Einsatz kommen. Es besteht so die Möglichkeit den CO₂-Partialdruck in der Vorrichtung weiter zu senken, ggfs. CO₂ sogar vollständig zu eliminieren.

Bei einer Ausführung der Vorrichtung, die einen Antrieb vorsieht, wie es zuvor beschrieben ist, kann es insbesondere bei der weiteren Ausgestaltung mit einer Vielzahl gaspermeabler Hohlfasern vorgesehen sein, dass durch einen solchen Antrieb ein aktives Pumpen des für den Gasaustausch vorgesehenen Fluides durch das Innere der Hohlfasern hindurch erzeugt wird, wie zuvor beschrieben, beispielsweise elektromotorisch oder auch betrieben durch die Atemgasströmung von ein- und ausgeatmetem Atemgas.

Auch bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise der Durchführung des Verfahrens kann es vorgesehen sein, das Behältervolumen des eingangs

genannten Behälters einstellbar zu gestalten, wofür der Behälter in einer möglichen Ausführung, zum Beispiel als ein längenveränderbarer (Falten-)Balg ausgebildet werden kann oder aber auch aus wenigstens zwei Behälterteilen ausgebildet ist, die gegeneinander teleskopierbar sind. Es besteht so die Möglichkeit, das gesamte innere Volumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung durch Änderung des Behältervolumens des eingesetzten Behälters variabel zu gestalten und anwendungsspezifisch einzustellen.

Dabei ist in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber dem Stand der Technik zu berücksichtigen, dass erfindungsgemäß die Größe des Behältervolumens zumindest im Wesentlichen, wenn nicht gar vollständig für die Einstellung der jeweiligen Partialdrücke unbeachtlich ist, da erfindungsgemäß die Einstellung der gewünschten Partialdrücke von O₂ und/oder CO₂ durch den stattfindenden Gasaustausch durch die gaspermeable Membran hindurch vorgenommen wird.

Vielmehr wird durch die Größe des Behälters und somit durch die Größe des gesamten inneren Volumens der Vorrichtung bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings die Anzahl der Atmungen beziehungsweise die Zeit, nach welcher der gewünschte Partialdruck erreicht wird, eingestellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings, wie z.B. eines Höhentrainings, insbesondere in Verbindung mit der zuvor beschriebenen Vorrichtung sieht vor, dass sich mit der Anzahl der Atmungen der O₂- und/oder CO₂-Partialdruck im Volumen der Trainingsvorrichtung asymptotisch an einen Endwert annähert, wobei die Größe des Endwertes eingestellt wird durch die Größe des Volumenstrom des zum Gasaustausch vorgesehenen Fluides durch die Gasaustauschkammer hindurch, welche die wenigstens eine vorgenannte Membran umfasst.

Dieses ist insbesondere der Fall bei erfindungsgemäßen Vorrichtungen, deren gesamtes inneres Volumen gegenüber der Umgebung abgeschlossen ist, wenngleich es erfindungsgemäß auch bei der Ausbildung der Vorrichtung

vorgesehen sein kann, das innere Volumen der Vorrichtung gegenüber der äußeren Umgebung offen zu gestalten, z.B. durch eine Öffnung im Behälter so dass auch ein zusätzlicher Luftaustausch mit Umgebung stattfinden kann.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen, insbesondere dann wenn das innere Volumen beziehungsweise der Behälter zur Umgebungsluft hin geschlossen ist, hat hier den Vorteil, dass auch untrainierte Personen unmittelbar mit einer solchen Vorrichtung ein Atemtraining beginnen können, und so dann die Möglichkeit besteht, durch das Behältervolumen den Verlauf der asymptotischen Annäherung an der Partialdruck-Endwert an den Untrainierten anzupassen, insbesondere so, dass dieser Endwert vergleichsweise langsam erreicht gegenüber einer kleineren Wahl des Behältervolumens beziehungsweise des Gesamtvolumens der Vorrichtung für eine trainierte Person, bei welcher der Partial-Enddruck schneller erreicht werden kann.

So erfolgt beispielsweise ein schnelleres Erreichen des Endpartialdruckes von O_2 beziehungsweise CO_2 bei einem vergleichsweise kleinen Behältervolumen beziehungsweise Gesamtvolumen der Vorrichtung und ein langsames asymptotisches Angleichen an den Enddruck bei dem gegenüber vergleichsweise größeren inneren Volumen beziehungsweise Behältervolumen.

Bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform, bei welcher das innere Volumen der Vorrichtung beziehungsweise der Behälter, der maßgeblich zum inneren Volumen der Vorrichtung beiträgt, zur Umgebungsluft hin geschlossen ist, kann es zur Weiterbildung vorgesehen sein, dass ein sogenanntes Atemzugbehältnis einen Teil des Volumens bildet, insbesondere welches direkt an den einstellbaren Behälter angrenzt, insbesondere in Flussrichtung der ausgeatmeten Luft nach dem Behälter angeordnet ist, wobei dieses Atemzugbehältnis bewegliche und/oder flexible Wandbereiche aufweist, so dass das Volumen des Atemzugbehältnisses durch ein- und ausströmendes Atemgas vergrößerbar und verkleinerbar ist.

So trägt eine solche Ausführungsform dem Umstand Rechnung, dass bei einem gegenüber der Umgebungsluft hin geschlossenen inneren Volumen dieses

Volumen nicht konstant sein darf, da sich ansonsten mit Ausatmen von Luft der Druck in der Vorrichtung erhöht und dem Prozess des Ausatmens einen erhöhten Widerstand entgegenbringt.

Vielmehr ist es gewünscht, dass eine trainierende Person immer mit gleichem Atemwiderstand trainieren kann, so dass zur Erzielung dieses Zweckes ein solches Atemzugbehältnis vorgesehen ist, welches sein eigenes Volumen durch die ein- und ausströmende Luft vergrößert beziehungsweise verkleinert, dadurch dass die beweglichen oder flexiblen Wandbereiche, die zum Beispiel durch eine elastische Membran oder eine bewegliche Folie ausgebildet sein können, sich durch eine sich einstellende Druck- beziehungsweise Volumenvergrößerung bewegen, wodurch die Volumenvergrößerung den Druck in der Vorrichtung auf im wesentlichen gleichen Niveau hält.

Hierbei kann eine Weiterbildung vorsehen, dass die Bewegungsweite und damit das maximale Volumen, das ein Atemzugbehältnis einnehmen kann, begrenzt ist, insbesondere variabel begrenzt ist durch wenigstens ein verstellbares Anschlagelement, an welches die beweglichen oder flexiblen Wandbereiche des Atemzugbehältnisses bei maximaler Anfüllung mit Atemgas anlegbar sind. So kann es sich beispielsweise bei einem solchen Anschlagelement um einen Gehäusebereich handeln, der beispielsweise perforiert ist und in den hinein die flexiblen Wandbereiche, wie beispielsweise eine bewegliche Folie oder eine flexible Membran eintritt und sich an die perforierten Wandbereiche anlegt, die sodann eine weitere Bewegung dieser beweglichen Wandbereiche unterbindet und das maximale Volumen begrenzt.

Ein solches Atemzugbehältnis, das gemäß der vorgenannten Ausführungsform bevorzugter Weise in seinem maximalen Volumen einstellbar ist, kann bei der Durchführung des Trainings bevorzugt so eingestellt werden, dass das Volumen, welches das Atemzugsbehältnis an dem Gesamtvolumen der Vorrichtung einnimmt, dem sogenannten Atemzugvolumen der trainierenden Person entspricht, somit also im Wesentlichen der Menge an Atemgas, die eine Person

beim Ein- und Ausatmen bewegt und die somit zumindest im Wesentlichen dem maximalen Lungenvolumen entspricht.

Hier kann es jedoch in einer weiteren Weiterbildung vorgesehen sein, dass am Volumen, insbesondere am einstellbaren Behälter oder an dem Atemzugbehältnis wenigstens ein Ventil angeordnet ist, durch welches beim einem Überdruck gegenüber der äußeren Umgebung Atemgas aus dem Volumen zur Umgebung hin ablassbar ist und/oder wenigstens ein Ventil angeordnet ist, durch welches bei einem Unterdruck gegenüber der äußeren Umgebung Frischluft in das Volumen eingesaugbar ist.

Hierdurch kann besonders dem Umstand Rechnung getragen werden, dass das maximale Volumen des Atemzugbehältnisses gegebenenfalls kleiner gewählt wird als das Atemzugvolumen der trainierenden Person, so dass in einem solchen Fall, wenn die Person mehr Volumen in die erfindungsgemäße Vorrichtung beim Ausatmen hineinbläst als das Atemzugbehältnis aufnehmen kann, dieses überschüssige ausgeatmete Atemgas (Expirationsgas) über das Ventil nach außen zur Umgebung hin abgelassen wird und im umgekehrten Fall, wenn die Person mehr Atemgas (Inspirationsgas) einatmet, als das Atemzugbehältnis an variablem Volumenanteil zur Verfügung stellt, durch den sich dann einstellenden Unterdruck Frischluft aus der Umgebung über das wenigstens eine Ventil angesaugt wird.

So wird in beiden Fällen sichergestellt, dass in keinem möglichen Fall bei den Atembewegungen einer trainierenden Person die erfindungsgemäße Vorrichtung den Atemvorgang Widerstände entgegenstellt.

Eine mögliche erfindungsgemäße Ausführungsform kann es vorsehen, dass sowohl beim Vorgang des Ausatmens als auch beim Einatmen jeweils das strömende Atemgas an der wenigstens einen gaspermeablen Membran, insbesondere an den vielen gaspermeablen Hohlfasern vorbeiströmt, so dass bei diesen beiden sich periodisch wiederholenden Atembewegungen jeweils ein Gasaustausch von O_2 und/oder CO_2 stattfinden kann.

Eine andere Ausführungsform kann es auch vorsehen, dass entweder nur beim Ausatmen oder nur beim Einatmen das bewegte Atemgas innerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung an der wenigstens einen Membran zum Zwecke des Gasaustausches vorbeiströmt.

Hier kann es vorgesehen sein, dass durch wenigstens ein Einwegventil und wenigstens einen Bypass-Kanal für die jeweils andere Strömungsrichtung ein Umgehungsweg bereitgestellt wird, so dass die jeweils in der anderen Richtung strömende Luft nicht an der wenigstens einen gaspermeablen Membran vorbeigeführt wird. Insbesondere kann es hier vorgesehen sein, dass nur das beim Ausatmen in die Vorrichtung eingeblasene Atemgas (Expirationsgas) an der wenigstens einen gaspermeablen Membran vorbeigeführt wird, jedoch durch wenigstens ein Einwegventil und eine Bypass-Leitung dafür Sorge getragen wird, dass beim Einatmen das Atemgas direkt aus dem in seinem Volumen veränderbaren Behälter und/oder dem Atemzugbehältnis unter Umgehung eines Gasaustausches der Mündungsöffnung zugeführt wird.

Erfindungsgemäße Ausführungsformen und Charakteristika des Verfahrens werden nachfolgend beschrieben.

Die Figur 1 zeigt eine prinzipielle schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei eine hier nicht dargestellte Person durch eine nur schematisch skizzierte Mündungsöffnung 1 atmet und hierbei das Atemgas in die erfindungsgemäße Vorrichtung eingeblasen beziehungsweise aus dieser eingeatmet wird, die gemäß der hier schematisch dargestellten Abbildung einen in seinem Behältervolumen einstellbaren Behälter 2 umfasst sowie eine Gasaustauschvorrichtung 3, deren inneres Volumen in einen Volumenteil 3a und einen Volumenteil 3b durch wenigstens eine gaspermeable Membran 4 unterteilt ist, wobei der Volumenteil 3a dem gesamten inneren Volumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zugerechnet wird und der Volumenteil 3b der beschriebenen Gasaustauschkammer, durch die ein für den Gasaustausch vorgesehenes Fluid geführt wird.

Es wird demnach hier das ein- und ausgeatmete Atemgas an der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 entlanggeführt, um so einen Gasaustausch mit dem auf der anderen Seite der wenigstens einen Membran fließenden Fluid stattfinden zu lassen, so dass durch die Strömungsgeschwindigkeit beziehungsweise den Volumenstrom dieses Fluides der endgültig zu erreichende O_2 - beziehungsweise CO_2 -Partialdruck innerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingestellt werden kann.

Wie bereits eingangs beschrieben, wird durch die Wahl der Größe des Volumens des in seinem Behältervolumen einstellbaren Behälters 2 Einfluss genommen auf das gesamte innere Volumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, welche sich somit zusammensetzt zumindest aus dem inneren Behältervolumen des Behälters 2, dem Volumen 3a der für den Gasaustausch vorgesehenen Einrichtung 3 sowie gegebenenfalls weiterer dieser Vorrichtungsteile verbindende Elemente, wie Kanäle oder Schläuche oder sonstige das Atemgas führende Bauteile der gesamten erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Figur 1 zeigt, dass der Behälter 2 der in seinem Volumen einstellbar ist, zum Beispiel dadurch, dass er als Balg ausgebildet ist, in Strömungsrichtung des ausgeatmeten Atemgases (Expirationsgas) vor der Gasaustauschvorrichtung mit den beiden Volumenanteilen 3a und 3b und der wenigstens einen gaspermeablen Membran angeordnet ist. Unter Erzielung der im Wesentlichen gleichen Funktion kann der Behälter 2 auch in Strömungsrichtung des ausgeatmeten Atemgases nach der für den Gasaustausch vorgesehenen Vorrichtung 3 angeordnet werden, wie dies als Alternative ohne Darstellung der Mündungsöffnung die weitere Figur 2 zeigt, bei welcher das Gesamtvolumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber der Umgebung hin offen ist, dadurch, dass der Behälter 2 eine Öffnung 2a zur Umgebung hin aufweist.

Das ausgeatmete Atemgas(Expirationsgas) kann demnach auch zur Umgebungsluft hin entweichen, ebenso wie eine Person beim Einatmen Umgebungsluft durch die gesamte Vorrichtung einatmen kann. Die Figur 2 zeigt hierbei auch eine Ausführungsvariante, bei welcher je nach Richtung von nicht

dargestellten Einwegventilen 5 einstellbar ist, ob Atemgas nur beim Ausatmen oder nur beim Einatmen über die Bypass-Leitung 6 an der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 vorbeigeführt werden soll, demnach immer nur in einer der beiden Atemphasen (Einatmen beziehungsweise Ausatmen) ein Gasaustausch mit dem Fluid in dem Volumenbereich 3b des Vorrichtungsteil 3 stattfindet.

Eine wiederum andere Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise der Durchführung des Verfahrens ist in der Figur 3 dargestellt, welche gegenüber den Figuren 1 und 2 zeigt, dass zum einen der in seinem Behältervolumen variabel einstellbaren Behälter 2 in Strömungsrichtung des ausgeatmeten Atemgases (Expirationsgas) nach der Vorrichtung 3 zum Gasaustausch angeordnet ist und weiterhin an den Behälter 2 ein Atemzugbehältnis 7 angeordnet ist, das Teil des gesamten inneren Volumens der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist und bewegliche und/oder flexible Wandbereiche 7a aufweist, zum Beispiel dadurch, dass diese als bewegliche Folie ausgebildet sind oder als bewegliche elastische Membran, so dass das Volumen des Atemzugbehältnisses 7 durch ein- und ausströmendes Atemgas vergrößerbar und verkleinerbar ist, wobei die Figur 3 weiterhin zeigt, dass das maximale Volumen des Atemzugbehältnisses 7 begrenzt wird durch ein Anschlagelement 7b, dass durch die äußeren Gehäusewandungen des Atemzugbehältnisses 7 realisiert wird. Hierdurch wird bewirkt, dass die beweglichen Wandbereiche 7a beim Ausatmen der Volumenvergrößerung folgen, bis dass sich diese vollständig an das begrenzende Anschlagelement 7b anlegen und somit das Volumen des Atemzugbehältnisses 7 nicht weiter vergrößert werden kann.

Die Figur 4 zeigt ein Detail des Atemzugbehältnisses 7 mit dem flexiblen Wandbereichen 7 und dem Anschlagelement 7b, wobei sich aus dieser Detaildarstellung ergibt, dass das maximale Volumen dieses Atemzugbehältnisses 7 variabel eingestellt werden kann, dadurch dass das Anschlagelement 7b gegenüber einem anderen, zum Beispiel mit dem Behälter 2 festen Gehäuseteil 7c verschiebbar ist, insbesondere teleskopierbar ist. Auch hier könnte, wie beim Behälter 2, auch die Ausführung als Balg vorgesehen sein. Zumindest ein

Wandbereich, der als Anschlagelement 7b dienenden Gehäusewandung ist hier mit Perforationen 8 ausgebildet, damit bei der Expansion, also mit Volumenvergrößerung, die Luft außerhalb der beweglichen und/oder flexiblen Wandbereiche 7a aus dem Gehäuse des Atemzugbehältnis 7 verdrängt werden kann und keinen Widerstand entgegenstellt.

Die Ausführung gemäß der Figur 3 ist dergestalt, dass sowohl das eingeatmete als das ausgeatmete Atemgas an der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 vorbeigeführt wird und demnach in beiden Atemphasen ein Gasaustausch mit dem Fluid in dem Volumen 3b stattfinden kann, wofür hier mit einem Antrieb 9 ein gewünschter Volumenstrom des für den Gasaustausch vorgesehenen Fluides wählbar ist. In diesem Fall kann der Antrieb 9 ein elektromotorischer Antrieb, insbesondere eine Pumpe sein.

Die Figur 3 zeigt weiterhin, dass insbesondere an dem Behälter 2 gegebenenfalls allerdings auch an jedem anderen das Gesamtvolumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung begrenzenden Wandbereich Ventile 10 vorgesehen sein können, die als Einwegventile dienen und im vorliegenden Fall eingesetzt sind bei einem sich einstellenden Überdruck innerhalb der Vorrichtung beim Ausatmen das ausgeatmete Atemgas (Expirationsgas) zur Umgebung hin zu entlassen beziehungsweise Umgebungsluft in die Vorrichtung einzusatmen, sofern beim Vorgang des Einatmens ein Unterdruck entsteht. Diese Effekte können insbesondere dann Auftreten, wenn das variabel einstellbare Volumen des Atemzugbehältnisses 7 kleiner eingestellt wird als das Atemzugvolumen der trainierenden Person, welches zum Beispiel mit deren Lungenvolumen gleich sein kann.

Wird in der Gasaustauschereinheit mehr CO_2 eliminiert als O_2 transportiert, entsteht im Laufe der Anwendung ein Defizit an Volumen in der Vorrichtung. Hier kann dann gegebenenfalls Luft aus der Umgebung in die Vorrichtung eingesogen werden.

Als Alternative zur Figur 3 zeigt die Figur 5 eine Ausführungsform, bei der so wie bei der Figur 2 eine Bypass-Leitung 6 vorgesehen ist, die über ein Einwegventil 11 im vorliegenden Fall direkt am Behälter 2 angeordnet ist und bewirkt, dass beim

Vorgang des Einatmens die Luft aus dem Behälter 2 und dem Atemzugbehältnis 7 unter Umgehung der gaspermeablen Membran 4 direkt der Mündungsöffnung 1 zugeführt wird. Bei der Ausführung gemäß der Figur 5 wird demnach lediglich beim Ausatmen ein Gasaustausch stattfinden, wenn das ausgeatmete Atemgas (Expirationsgas) an der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 entlanggeführt wird, nicht jedoch beim Einatmen. Die Richtung der Luftführung innerhalb des Bypasses 6 kann durch entsprechende Wahl des Einwegventiles 11 auch umgekehrt werden.

Figur 6 zeigt wiederum eine andere Ausführungsform, die insbesondere mit denjenigen Ausführungen kombinierbar ist, die ein Atemzugbehältnis 7 aufweisen und bei denen das innere Volumen der gesamten erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber der Umgebung hin abgeschlossen ist. Diese Ausführung verdeutlicht, dass durch die Bewegung der beweglichen Wandbereiche 7a im Atemzugbehältnis beim Aus- und Einatmen das auf der anderen Seite, das heißt außerhalb des inneren Volumens der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegende Luftvolumen 11 verringert oder vergrößert wird. Die durch den Volumenbereich 11 verdrängte oder eingezogene Luft beziehungsweise alternativ auch eines jeglichen Fluids, kann ebenso eine Bewegung und ein Volumenstrom im Kammerteil 3b der gasaustauschenden Vorrichtung 3 hervorrufen, so dass anstelle eines elektromotorischen Antriebes der Volumenstrom eines gasaustauschenden Fluides auf der einen Seite der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 auch unmittelbar durch die Atembewegungen der trainierenden Person erzeugt wird.

Figur 7 zeigt eine weitere Ausführungsform, die im Wesentlichen mit denen der vorherigen Ausführungen übereinstimmen kann, wobei hier als gasaustauschendes Fluid zum Zwecke der Einstellung der Partialdrücke von O_2 und CO_2 im inneren Volumen der erfindungsgemäßen Vorrichtung Wasser eingesetzt wird, welches in einem geschlossenen Kreislauf 12 gefördert wird, insbesondere mit einem elektromotorischen Antrieb 13, wobei innerhalb dieses Kreislaufes zwei gasaustauschende Vorrichtungen angeordnet sind, nämlich eine zur Einstellung des O_2 und CO_2 -Partialdruckes im inneren Volumen der

erfindungsgemäßen Vorrichtung und eine weitere gasaustauschende Vorrichtung 14 vorgesehen ist, ebenso mit wenigstens einer gaspermeablen Membran 15, um den Gasaustausch zwischen Wasser innerhalb des Kreislaufes 12 und einem weiteren Fluid, beispielsweise Luft, vorzunehmen.

Sämtliche Ausführungsformen der vorbeschriebenen Figuren zeigen, dass der Mündungsöffnung, die zum Beispiel in einem Mundstück oder in einer das Gesicht überdeckenden Maske angeordnet ist, zusätzlich auch noch ein Auffangbehälter 16, zum Beispiel für Speichel aus dem Mund der trainierenden Person vorgesehen sein kann oder aber auch für kondensierende Feuchtigkeit innerhalb des Atemgases sowie gegebenenfalls auch noch ein Filter, insbesondere Gas-Filter 17. Diese Elemente und ein Filter zur Aufnahme der Gasfeuchtigkeit sind für das erfindungsgemäße Verfahren beziehungsweise die Vorrichtung nicht zwingend beziehungsweise wesentlich und können bei sämtlichen dargestellten Ausführungsformen auch entfallen.

Die Figuren 8 und 9 zeigen die Entwicklung der Partialdrücke von O_2 (Figur 8) beziehungsweise CO_2 (Figur 9) bei verschiedenen eingestellten Flussraten des gasaustauschenden Fluides durch die gasaustauschende Kammer 3. Hier ist erkennbar, dass in Abhängigkeit des Volumenstromes der partielle Enddruck von O_2 beziehungsweise CO_2 im Inneren des Volumens der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingestellt werden kann.

Dieser Enddruck wird jeweils mit einem asymptotischen Verlauf erreicht nach einer gewissen Anzahl von Atembewegungen n die auf der jeweiligen x-Achse der Figur aufgetragen sind. Die Figuren 8 und 9 belegen somit, dass gegenüber dem Stand der Technik reproduzierbar einstellbar durch die Flussrate des gasaustauschenden Fluides die Trainingsbedingungen für eine Person gewählt werden können, nämlich der jeweils zu erzielende Partialdruck von O_2 beziehungsweise CO_2 und somit auch die bei einem Training zu simulierende Höhe.

Dabei zeigen die Figuren 8 und 9 den typischen Verlauf des Partialdruckes von O_2 und CO_2 für den Fall, dass sowohl beim Ausatmen als auch beim Einatmen das

innerhalb der Vorrichtung bewegte Atemgas an der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 der Vorrichtung vorbeigeführt wird.

Die Figuren 10 und 11 zeigen dieselbe Situation für dieselben Flussraten des gasaustauschenden Fluides für den Fall, dass nur beim Ausatmen die in der Vorrichtung bewegte Luft einem Gasaustausch unterliegt, also an der wenigstens einen gaspermeablen Membran 4 entlanggeführt wird, hingegen das eingeatmete Atemgas (Inspirationsgas) mittels einer Bypass-Leitung und einem Einwegventil direkt der Mündungsöffnung zugeführt wird, wie dies beispielsweise die Figuren 2 und 5 visualisieren.

Hier zeigt sich, dass bei den selben Flussraten beim dem Sauerstoffpartialdruck ein geringerer Druck erzielt wird im Vergleich zum zweimaligen Gasaustausch, hingegen beim dem CO₂-Partialdruck ein höherer Druck im Vergleich zu dem zweimaligen Gasaustausch der Figuren 8 und 9. So lässt sich demnach auch dadurch Einfluss nehmen auf die jeweils zu erzielenden Partialdrücke von Sauerstoff und CO₂, in dem ausgewählt wird, ob die in der Vorrichtung bewegte Luft nur beim Einatmen, nur beim Ausatmen oder bei beiden Atembewegungen einem Gasaustausch unterliegt.

Die Figuren 12 und 13 zeigen wiederum für den Partialdruck von O₂ und CO₂ die jeweilige Entwicklung der Partialdrücke in Abhängigkeit der Anzahl der Atembewegungen und für verschiedene Größen des gesamten inneren Volumens der jeweiligen erfindungsgemäßen Vorrichtung, die hier durch unterschiedlich eingestellte Behältervolumina der jeweils zuvor beschriebenen Behälter 2 ausgewählt werden. Es zeigt sich hier, dass der durch den Volumenstrom der am Gasaustausch teilnehmenden Fluide eingestellte jeweilige Partialdruck von O₂ und CO₂ in Abhängigkeit des Volumens der Vorrichtung beziehungsweise des Behälters unterschiedlich schnell erreicht wird.

Hierbei stellen die Figuren 12 und 13 den zu den Figuren 8 und 9 zugehörigen Fall dar, wenn sowohl beim Einatmen als auch beim Ausatmen das Atemgas (Inspiration- und Expirationsgas) an der wenigstens einen gaspermeablen Membran entlanggeführt wird. Dem gegenüber zeigen die Figuren 14 und 15

denselben Fall, wenn nur die ausgeatmete Luft einem Gasaustausch unterliegt, sowie es auch zu den Figuren 10 und 11 beschrieben wurde.

Hier sind sowohl die jeweils erreichten Grenzwerte verändert als auch die Abhängigkeit vom Volumen der Vorrichtung signifikant erkennbar.

Insbesondere erschließt sich hier bei der Durchführung des Verfahrens zum Trainieren einer Person die Möglichkeit eine untrainierte Person mit einem größeren Volumen der Vorrichtung trainieren zu lassen, damit diese den eingestellten Endwert des Sauerstoff beziehungsweise Kohlendioxid-Partialdruckes über eine längere Zeit hin erreicht, als eine trainierte Person, bei welcher das Volumen der Vorrichtung geringer gewählt werden kann.

Bezüglich der hier schematisch dargestellte Vorrichtungen der Figuren 1 bis 7 ist festzuhalten, dass lediglich zur Vereinfachung der Darstellung in der gasaustauschenden Vorrichtung 3 eine einzige gaspermeable Membran 4 visualisiert ist, ebenso wie bei der Vorrichtung 14 nur eine Membran 15, wohingegen beim praktischen Einsatz bevorzugt ein Bündel von vielen Gaspermeablen Hohlfasern vorgesehen sein kann, insbesondere deren Äußeres von dem Atemgas angeströmt ist und deren Inneres durch das gasaustauschende Fluid beaufschlagt wird.

Bei gleichen Anfangs- und Randbedingungen können bei unterschiedlichen Anwendern unterschiedliche O_2 - und CO_2 -Verläufe (in Abhängigkeit der Zeit) gemessen werden. Die Vorrichtung kann somit zur Beurteilung der Lunge des Anwenders verwendet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings umfassend eine Mündungsöffnung (1), durch die hindurch von einer Person Atemgas in ein Volumen (2, 3a, 7) ausatembar oder aus dem Volumen (2, 3a, 7) einatembar ist, wobei dieses Volumen (2, 3a, 7) zumindest zum Teil durch einen in seinem Behältervolumen einstellbaren, mit der Mündungsöffnung verbundenen Behälter (2) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen (2, 3a, 7) an eine Seite wenigstens einer gaspermeablen Membran (4) angrenzt, an deren andere Seite wenigstens eine Gasaustauschkammer (3b) angeschlossen ist, insbesondere die aktiv von einem für den Gasaustausch, insbesondere CO₂- und/oder O₂-Gasaustausch vorgesehenen Fluid durchströmbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter zur Umgebungsluft hin geschlossen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Atemzugbehältnis (7) einen Teil des Volumens (2, 3a, 7) bildet, insbesondere welches direkt an den einstellbaren Behälter (2) angrenzt, wobei das Atemzugbehältnis (7) bewegliche und/oder flexible Wandbereiche (7a) aufweist, so dass das Volumen des Atemzugbehältnisses (7) durch ein- und ausströmendes Atemgas vergrößerbar und verkleinerbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungsweite und damit das maximale Volumen des Atemzugbehältnisses (7) begrenzt ist, insbesondere variabel begrenzbar ist durch wenigstens ein verstellbares Anschlagelement (11), an welches die beweglichen und/oder flexiblen Wandbereiche (7b) des Atemzugbehältnisses (7) bei maximaler Füllung mit Atemgas anlegbar sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Volumen (2, 3a, 7), insbesondere am einstellbaren Behälter (2) ein Ventil (V1) angeordnet ist, durch welches bei einem Überdruck gegenüber der äußeren Umgebung Atemgas aus dem Volumen zur Umgebung hin ablassbar ist und/oder ein Ventil (V2) angeordnet ist, durch welches bei einem Unterdruck gegenüber der äußeren Umgebung Frischluft in das Volumen einsaugbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Volumen (2, 3a, 7), insbesondere am einstellbaren Behälter (2) ein Einwege-Ventil angeordnet ist, durch welches beim Einatmen Gas, insbesondere Luft aus dem Behälter und/oder aus dem Atemzugbehältnis (7) über einen Bypass (6) unter Umgehung des an die Gasautauschkammer (3b) angrenzenden Volumenbereichs zur Mündungsöffnung (1) leitbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter (2) zur Umgebungsluft hin offen ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen (2, 3a, 7) an die jeweils äußere Oberfläche einer Vielzahl gaspermeabler Hohlfasern angrenzt, deren jeweiliges Inneres, insbesondere aktiv, von einem für den Gasaustausch, insbesondere CO₂- und/oder O₂-Gasaustausch vorgesehenen Fluid durchströmbar ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl gaspermeabler Hohlfasern gebildet ist durch ein modular bestückbares Aufnahmeelement, in welches wenigstens ein Modul mit einer Vielzahl von Hohlfasern einsetzbar ist, bevorzugt in welches wenigstens zwei Module mit je einer Vielzahl von Hohlfasern einsetzbar ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Antrieb (9) umfasst, mit dem eine Durchströmung von Fluid durch die wenigstens eine Kammer (3b), insbesondere das jeweilige Innere der Hohlfasern erzeugbar ist, insbesondere

wobei der Antrieb (9) ein elektromotorischer Antrieb (9) ist oder durch die Atemgasströmung von ein- und ausgeatmetem Atemgas betrieben ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter (2) als längenveränderbarer Balg (2) ausgebildet ist oder wenigstens zwei Behälterteile umfasst, die gegeneinander teleskopierbar sind.
12. Verfahren zur Durchführung eines Atemtrainings, insbesondere eines Höhentrainings, wobei eine Person durch eine Mündungsöffnung (1) in eine Trainingsvorrichtung ausatmet und aus dieser Trainingsvorrichtung einatmet, insbesondere unter Nutzung einer Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der O₂- und/oder CO₂- Partialdruck in dem aus der Vorrichtung eingeatmeten Atemgas beeinflusst wird durch Austausch von O₂ und/oder CO₂ zwischen dem Atemgas in der Trainingsvorrichtung und einem zum Gasaustausch vorgesehenen Fluid durch wenigstens eine gaspermeable Membran (4) hindurch.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich mit der Anzahl der Atmungen der O₂- und/oder CO₂- Partialdruck im Volumen der Trainingsvorrichtung asymptotisch an einen Endwert annähert, wobei die Größe des Endwertes eingestellt wird durch die Größe des Volumenstromes des zum Gasaustausch vorgesehenen Fluids durch eine Gasaustauschkammer (3b) hindurch, welche die Membran (4) umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 13 unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Atmungen bzw. die Zeit, nach welcher der Endwert erreicht wird durch das Volumen des Behälters (2) der Trainingsvorrichtung eingestellt wird.

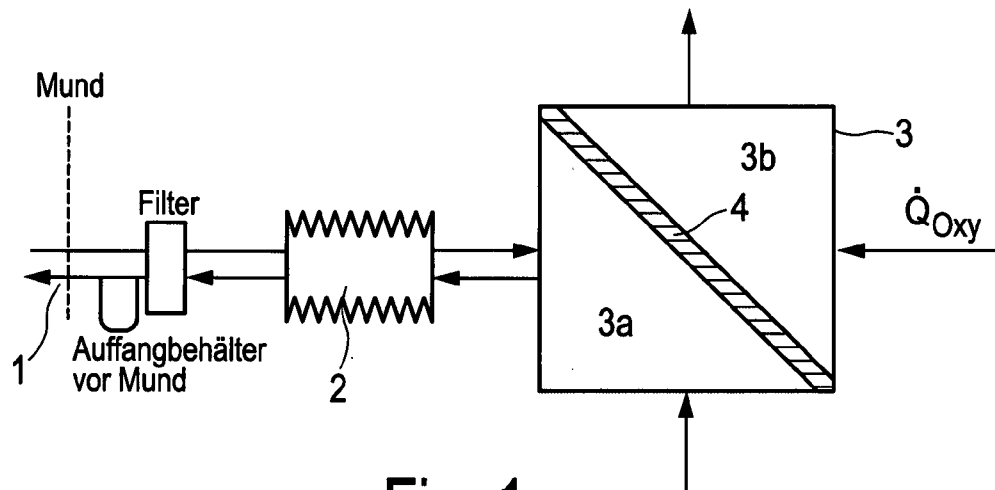


Fig. 1

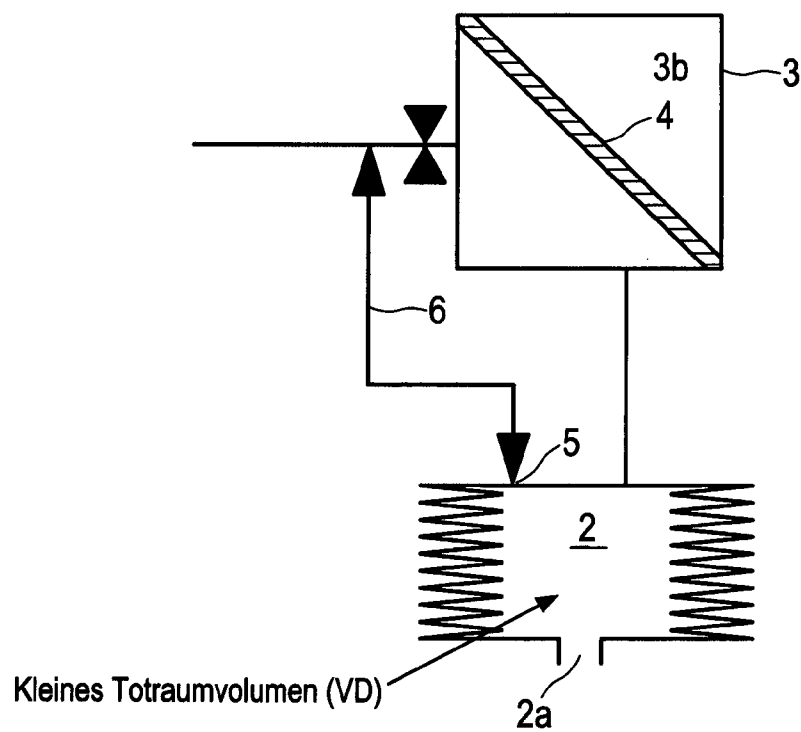


Fig. 2

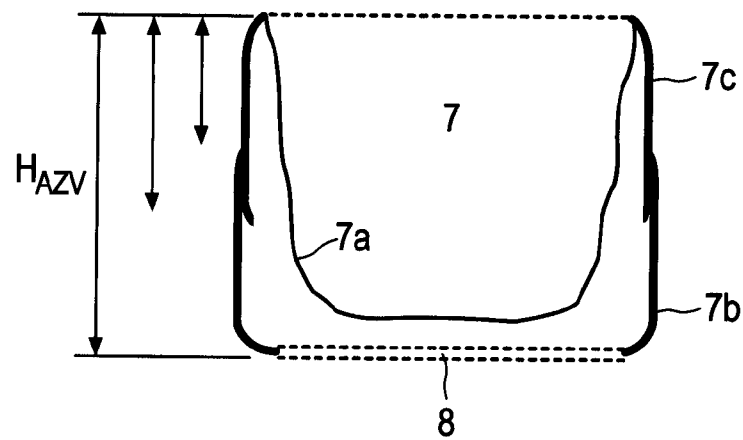


Fig. 4

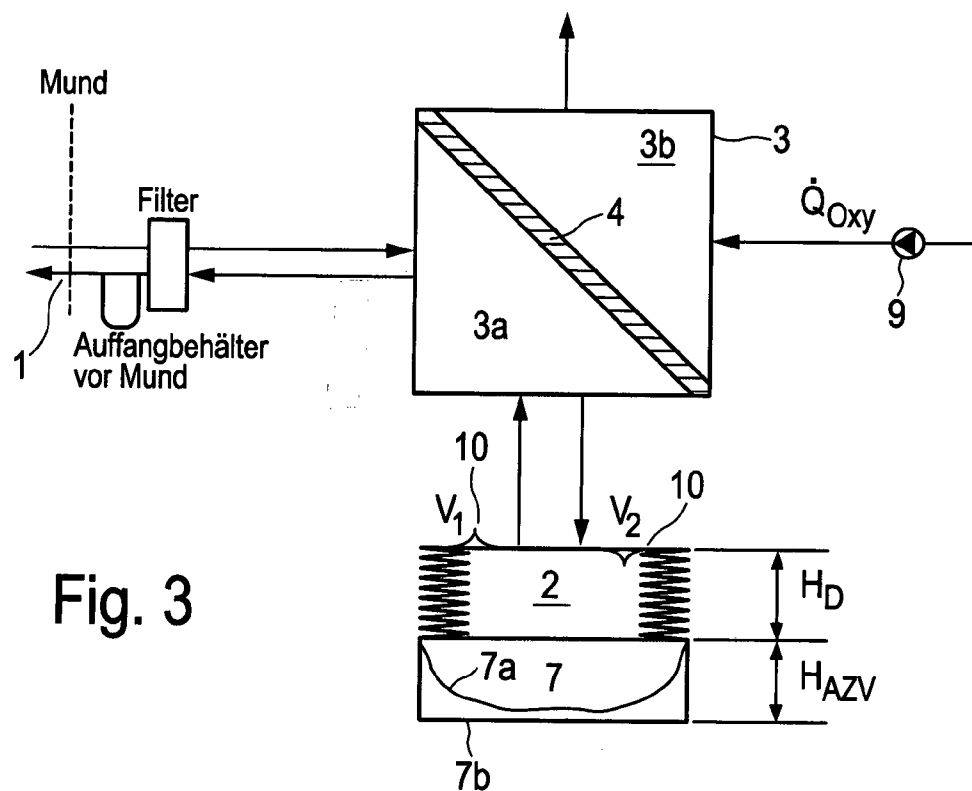


Fig. 3

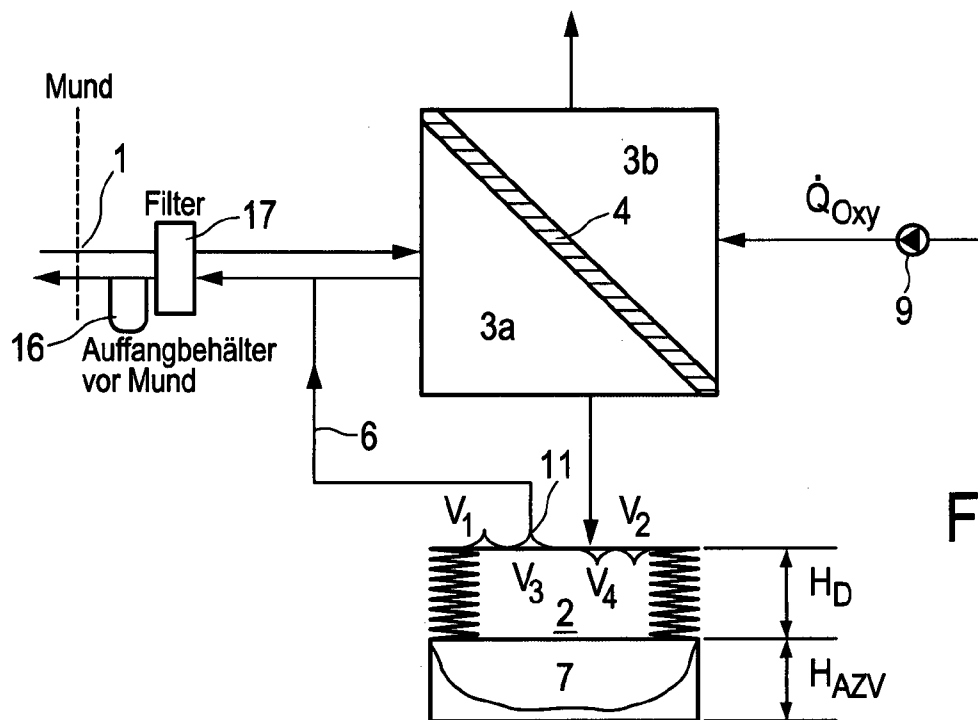


Fig. 5

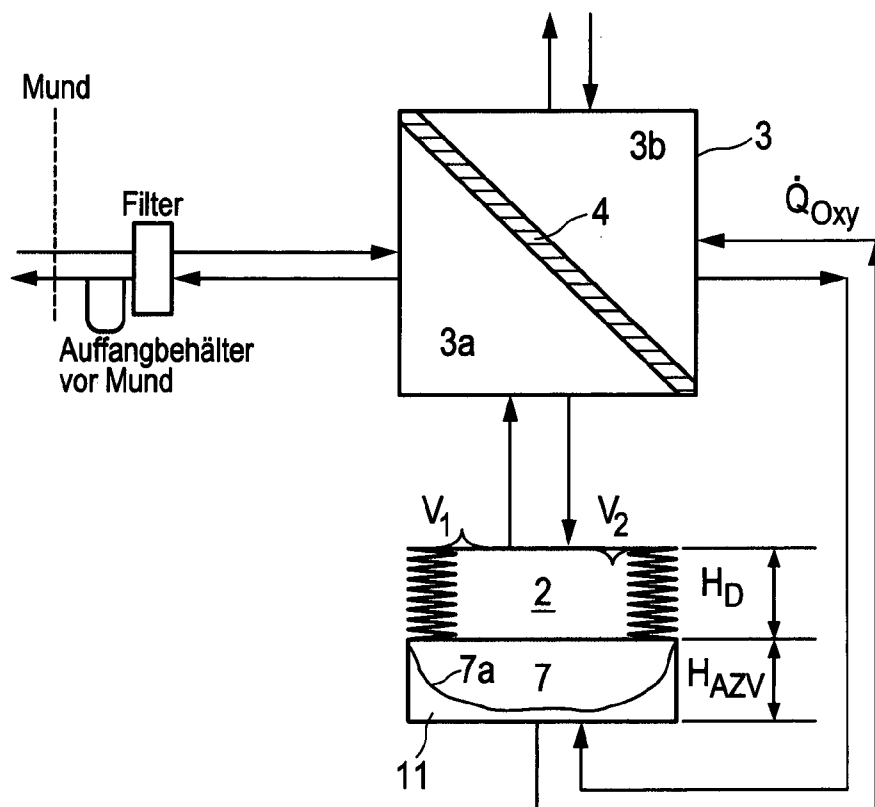
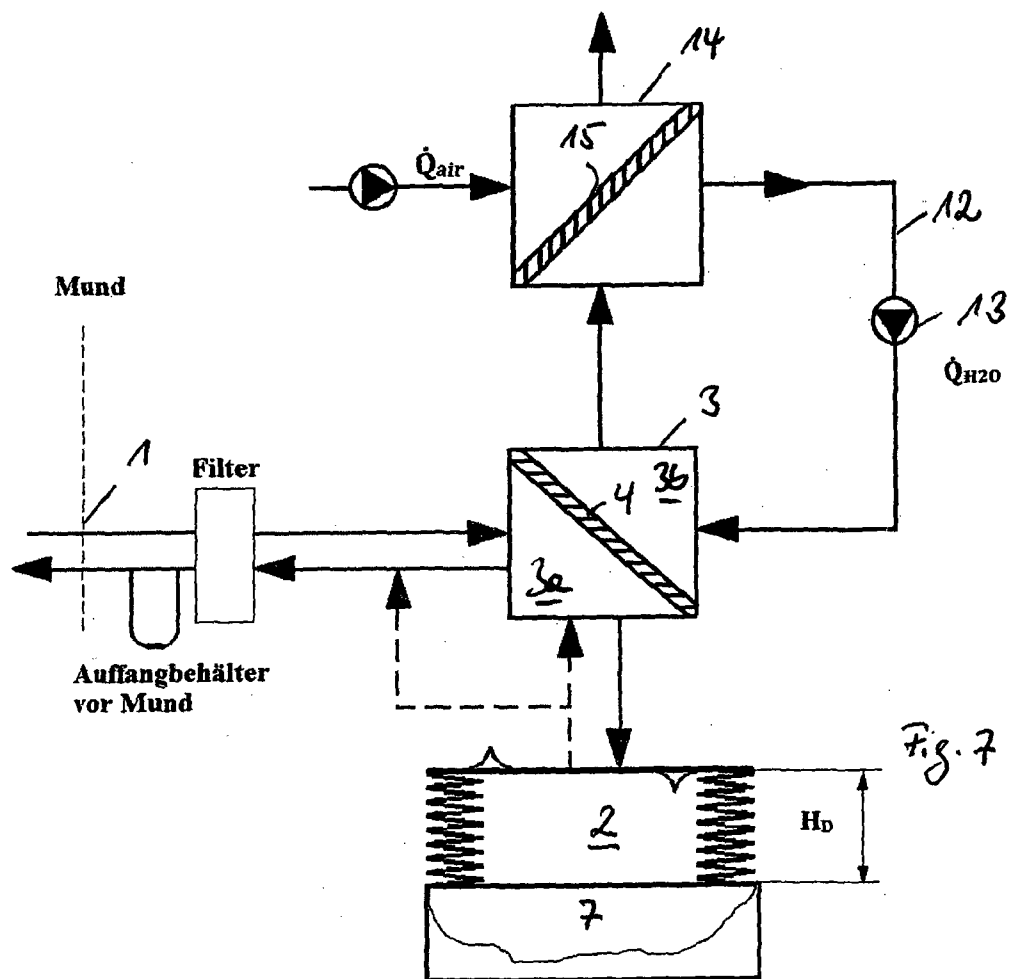


Fig. 6



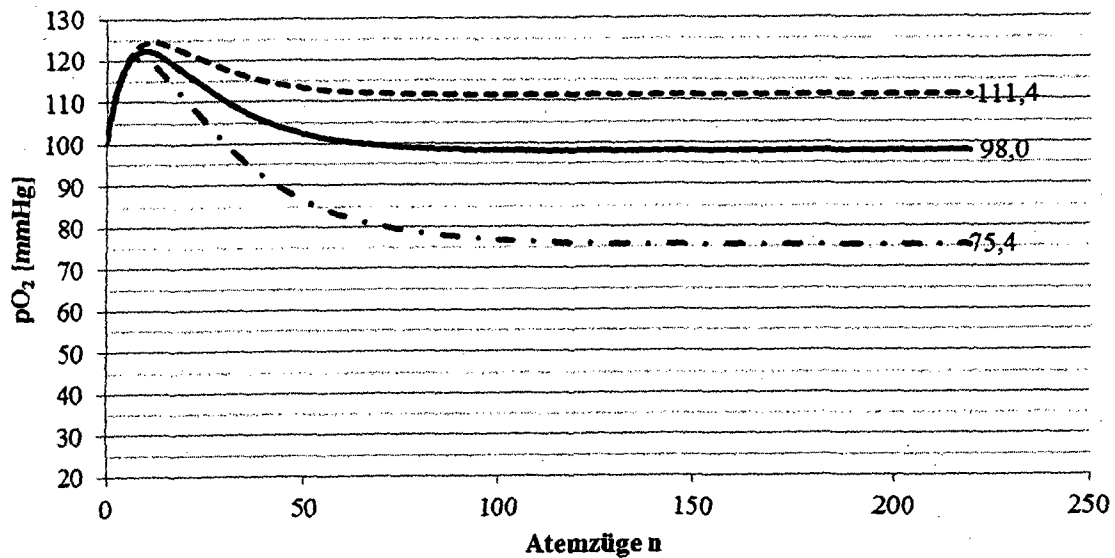


Fig. 8: Theoretische Berechnung von pO_2 für den Fall, dass sowohl das Inspirationsgasgemisch als auch das Expirationsgasgemisch durch den Oxygenator fließen, mit folgenden drei Flußraten: 1500 ml/min, 2000 ml/min und 2500 ml/min.

--- QG = 1500 ml/min — QG = 2000 ml/min - - - QG = 2500 ml/min

Fig. 8

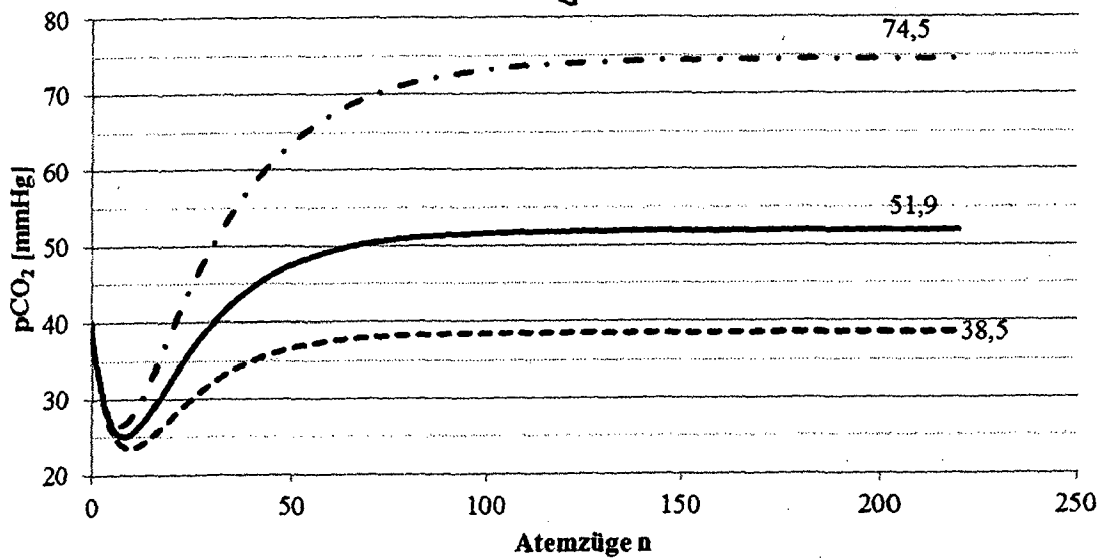


Fig. 9: Theoretische Berechnung von pCO_2 für den Fall, dass sowohl die Inspirationsgasgemisch als auch die Expirationsgasgemisch durch en Oxygenator fließen, mit folgenden drei Flußraten: 1500 ml/min, 2000 ml/min und 2500 ml/min.

--- QG = 1500 ml/min — QG = 2000 ml/min - - - QG = 2500 ml/min

Fig. 9

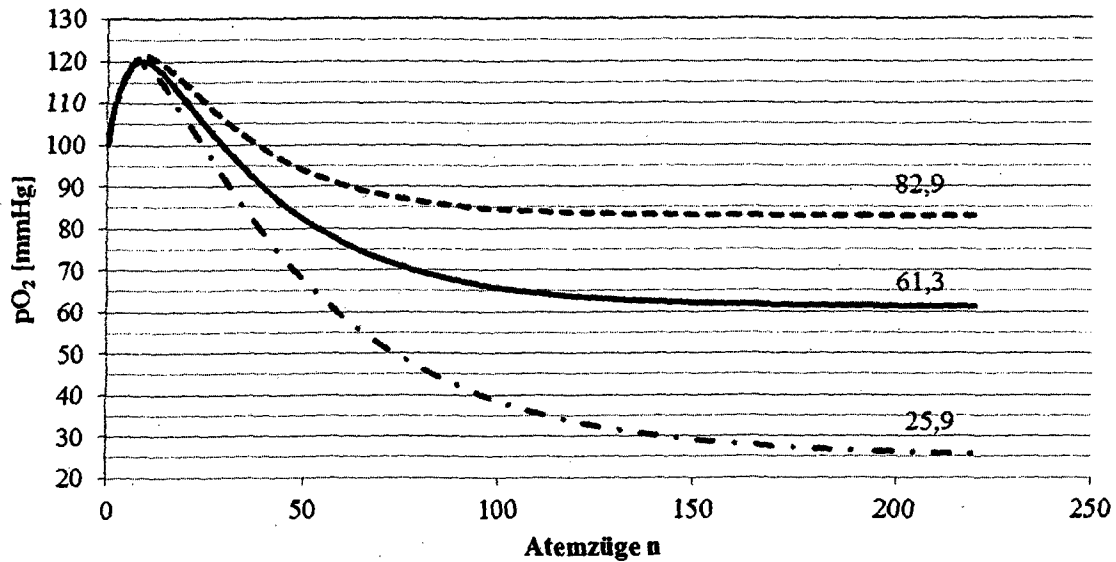


Fig.10: Theoretische Berechnung von pO_2 für den Fall dass nur das Expirationsgasgemisch durch den Oxygenator fließt, mit den folgenden drei Flußraten: 1500 ml/min, 2000 ml/min und 2500 ml/min.

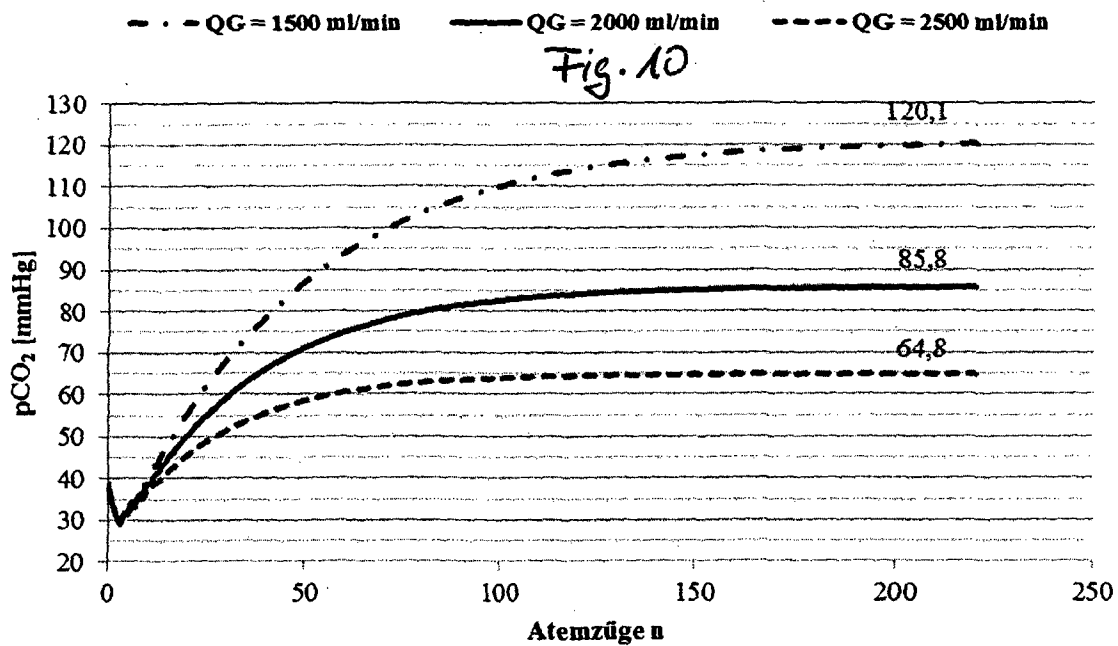


Fig.11: Theoretische Berechnung von pCO_2 für den Fall dass nur das Expirationsgasgemisch durch den Oxygenator fließt, mit den folgenden drei Flußraten 1500 ml/min, 2000 ml/min und 2500 ml/min.

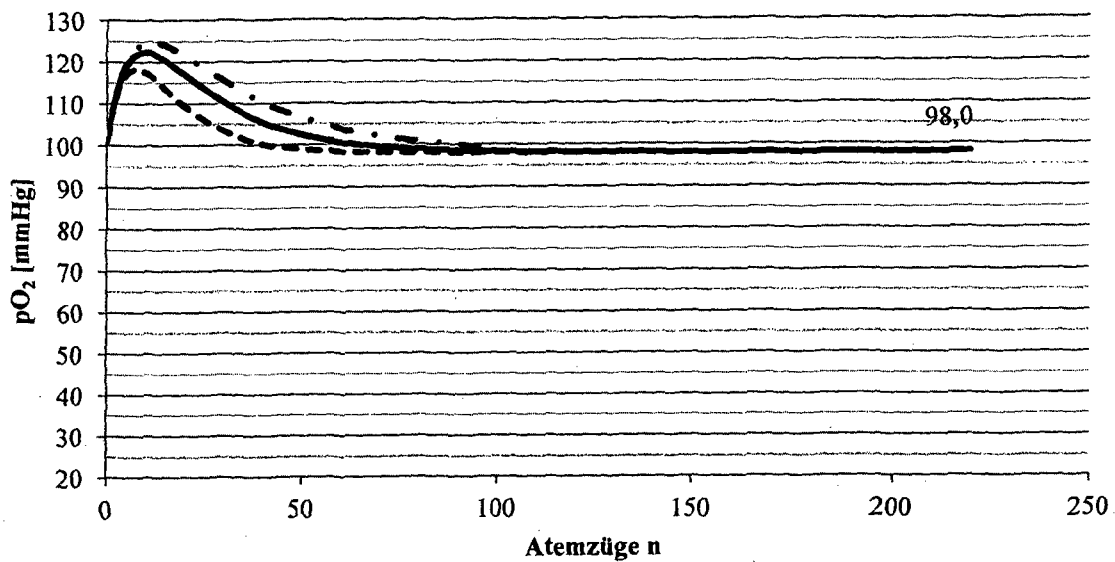


Fig. 12: Theoretische Berechnung von pO_2 für den Fall, dass sowohl das Inspirationsgasgemisch als auch das Expirationsgasgemisch durch den Oxygenator fließen, mit den folgenden drei Ballonvolumen: 1000 ml, 2000 ml und 3000 ml.

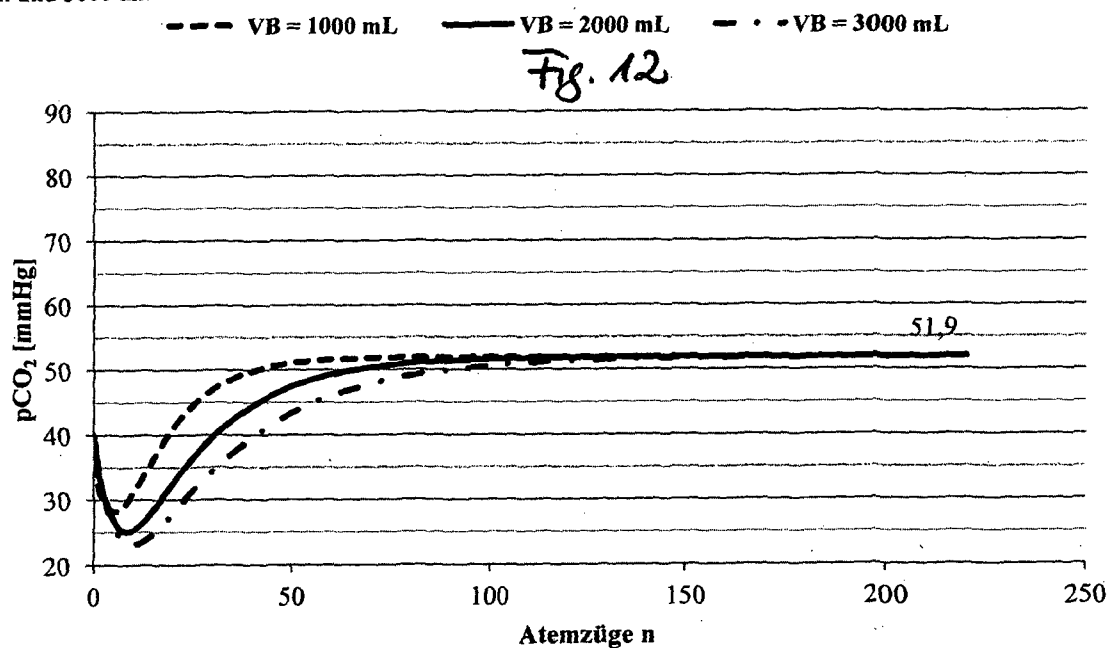


Fig. 13: Theoretische Berechnung von pCO_2 für den Fall, dass sowohl die Inspirationsgasgemisch als auch die Expirationsgasgemisch durch en Oxygenator fließen, mit den folgenden drei Ballonvolumen: 1000 ml, 2000 ml und 3000 ml.

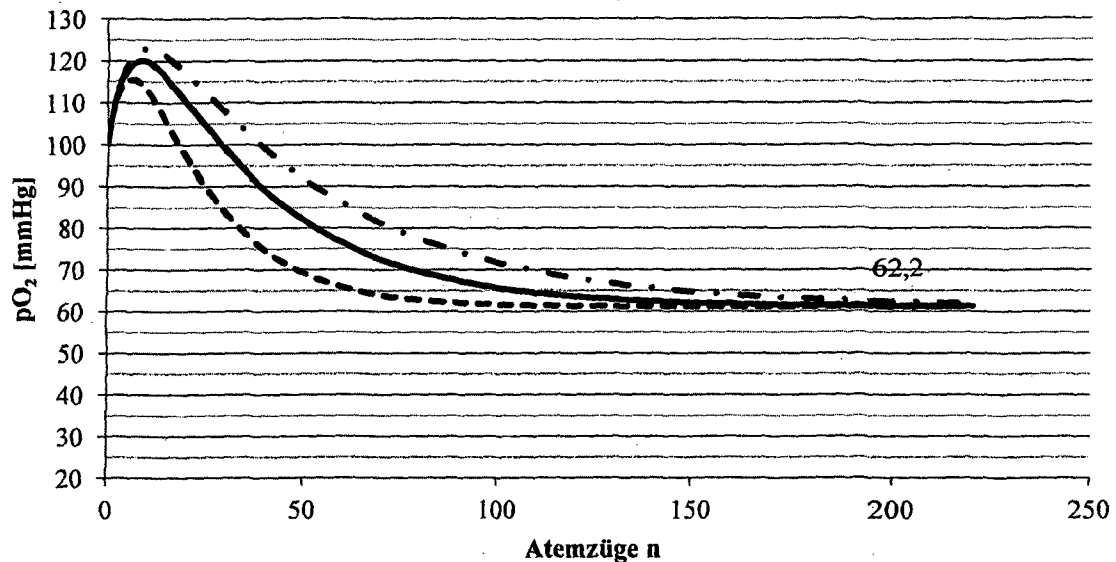


Fig.14: Theoretische Berechnung von pO_2 für den Fall dass nur das Expirationsgasgemisch durch den Oxygenator fließt, mit den folgenden drei Ballonvolumen: 1000 ml, 2000 ml und 3000 ml.

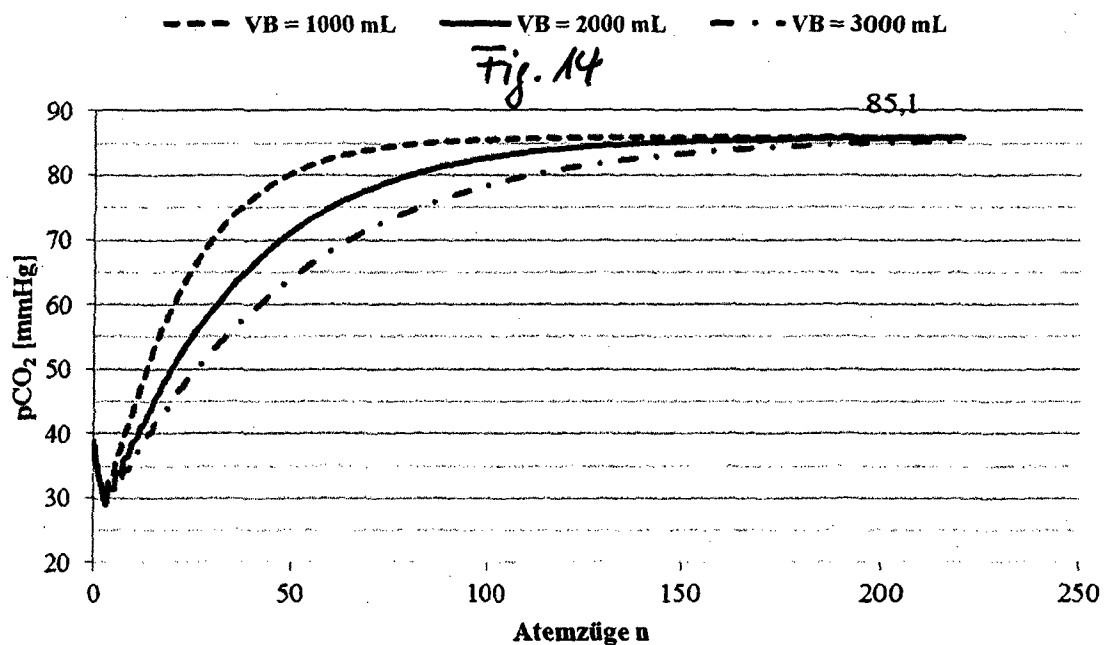


Fig.15: Theoretische Berechnung von pCO_2 für den Fall dass nur das Expirationsgasgemisch durch den Oxygenator fließt, mit den folgenden drei Ballonvolumen: 1000 ml, 2000 ml und 3000 ml.

--- VB = 1000 mL — VB = 2000 mL - · - VB = 3000 mL

Fig. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/000305

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A63B23/18 A61M16/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A63B A61G A61M

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CA 1 164 304 A1 (ROY JEAN YVES) 27 March 1984 (1984-03-27)	1-9, 12-14
Y	page 5 - page 9; figures -----	10,11
X	US 2007/221225 A1 (KUTT LARRY [US] ET AL) 27 September 2007 (2007-09-27)	1,12
Y	paragraph [0103] - paragraph [0171]; figures -----	10
Y	US 2008/196726 A1 (BROWN ROGER LESLIE [GB] ET AL) 21 August 2008 (2008-08-21)	11
A	paragraph [0064]; figures -----	1,12
A	WO 2008/024375 A2 (TRUDELL MEDICAL INT [CA]; FOLEY MARTIN [CA]; GRYCHOWSKI JERRY R [US]) 28 February 2008 (2008-02-28) abstract; figures -----	1,12
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 June 2014

Date of mailing of the international search report

27/06/2014

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Borrás González, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/000305

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/212811 A1 (RUTTEN BAS [US]) 1 September 2011 (2011-09-01) abstract; figures -----	1,12
A	US 2012/272956 A1 (RUSHER MICHAEL J [US]) 1 November 2012 (2012-11-01) abstract; figures -----	1,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/000305

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CA 1164304	A1	27-03-1984	NONE
US 2007221225	A1	27-09-2007	NONE
US 2008196726	A1	21-08-2008	EP 2268368 A1 05-01-2011 US 2008196726 A1 21-08-2008 WO 2009130494 A1 29-10-2009
WO 2008024375	A2	28-02-2008	CA 2661152 A1 28-02-2008 EP 2059309 A2 20-05-2009 ES 2421166 T3 29-08-2013 JP 5307715 B2 02-10-2013 JP 2010501255 A 21-01-2010 US 2008096728 A1 24-04-2008 US 2012295765 A1 22-11-2012 WO 2008024375 A2 28-02-2008
US 2011212811	A1	01-09-2011	AU 2011221514 A1 18-10-2012 CA 2791188 A1 09-09-2011 CN 102939135 A 20-02-2013 EP 2542313 A1 09-01-2013 JP 2013521048 A 10-06-2013 KR 20130027477 A 15-03-2013 US 2011212811 A1 01-09-2011 US 2012172178 A1 05-07-2012 WO 2011109155 A1 09-09-2011
US 2012272956	A1	01-11-2012	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. A63B23/18 A61M16/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 A63B A61G A61M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CA 1 164 304 A1 (ROY JEAN YVES) 27. März 1984 (1984-03-27)	1-9, 12-14
Y	Seite 5 - Seite 9; Abbildungen -----	10,11
X	US 2007/221225 A1 (KUTT LARRY [US] ET AL) 27. September 2007 (2007-09-27)	1,12
Y	Absatz [0103] - Absatz [0171]; Abbildungen -----	10
Y	US 2008/196726 A1 (BROWN ROGER LESLIE [GB] ET AL) 21. August 2008 (2008-08-21)	11
A	Absatz [0064]; Abbildungen -----	1,12
A	WO 2008/024375 A2 (TRUDELL MEDICAL INT [CA]; FOLEY MARTIN [CA]; GRYCHOWSKI JERRY R [US]) 28. Februar 2008 (2008-02-28) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,12
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Juni 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/06/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Borrás González, E

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/212811 A1 (RUTTEN BAS [US]) 1. September 2011 (2011-09-01) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,12
A	US 2012/272956 A1 (RUSHER MICHAEL J [US]) 1. November 2012 (2012-11-01) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/000305

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CA 1164304	A1	27-03-1984	KEINE
US 2007221225	A1	27-09-2007	KEINE
US 2008196726	A1	21-08-2008	EP 2268368 A1 05-01-2011 US 2008196726 A1 21-08-2008 WO 2009130494 A1 29-10-2009
WO 2008024375	A2	28-02-2008	CA 2661152 A1 28-02-2008 EP 2059309 A2 20-05-2009 ES 2421166 T3 29-08-2013 JP 5307715 B2 02-10-2013 JP 2010501255 A 21-01-2010 US 2008096728 A1 24-04-2008 US 2012295765 A1 22-11-2012 WO 2008024375 A2 28-02-2008
US 2011212811	A1	01-09-2011	AU 2011221514 A1 18-10-2012 CA 2791188 A1 09-09-2011 CN 102939135 A 20-02-2013 EP 2542313 A1 09-01-2013 JP 2013521048 A 10-06-2013 KR 20130027477 A 15-03-2013 US 2011212811 A1 01-09-2011 US 2012172178 A1 05-07-2012 WO 2011109155 A1 09-09-2011
US 2012272956	A1	01-11-2012	KEINE