



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 26 004 T2 2006.05.04**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 105 177 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61M 16/00 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 26 004.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/CH99/00377**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 936 225.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/10632**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.08.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **02.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **29.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.05.2006**

(30) Unionspriorität:  
**168498 17.08.1998 CH**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Menut, Jean-Baptiste, Chatelaine-Geneve, CH**

(72) Erfinder:  
**MENUT, Jean-Baptiste, CH-1219  
Châtelaine-Genève, CH**

(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUR VERSORGUNG MIT MODIFIZIERTER LUFT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Entnehmen von modifizierter Atemluft mit Hilfe eines Behälters mit veränderlichem Volumen, der über ein Ventil mit modifizierter Luft bei konstantem Druck gefüllt wird, das von einem Schalter in Verbindung mit der Wand des genannten Behälters gesteuert wird.

**[0002]** Der hier im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verwendete Ausdruck „modifizierte Luft“, bedeutet Luft, deren Zusammensetzung im Verhältnis zur Umgebungsluft modifiziert ist, insbesondere sauerstoffarme Luft, um das Atmen in grosser Höhe zu simulieren.

## Stand der Technik

**[0003]** Ein in WO9637176 beschriebener Trainings- und Therapieapparat liefert modifizierte, sauerstoffarme Luft unter Zuhilfenahme eines Membran-Abscheiders, um der Umgebungsluft Sauerstoff zu entziehen. Es wird zudem erwähnt, dass der Sauerstoffgehalt durch Absorption oder durch die Zugabe eines sauerstoffarmen Gases wie Stickstoff oder der vom Benutzer ausgeatmeten Luft reduziert werden kann.

**[0004]** Ein in EP 0744184 A1 beschriebener Behälter mit variablem Volumen in einem Atmungs- bzw. Anästhesiersystem wird über ein Einlassventil, das von zwei Endschaltern in Verbindung mit einem elastischen Abschnitt des genannten Behälters gesteuert wird, der die modifizierte Luft in diesem Behälter bei konstantem Druck behält, mit sauerstoffangereicherter Luft bei konstantem Druck gefüllt. Modifizierte Luft unter konstantem Druck wird dem genannten Behälter entnommen und einem Patienten über ein Auslassventil und einen Beatmungskreis zugeteilt. Die genannten Einlass- bzw. Auslassventile steuern die Versorgung des Behälters mit modifizierter Luft einerseits bzw. das Entnehmen von modifizierter Luft bei konstantem Druck andererseits. Das hier beschriebene System gestattet im wesentlichen die Abgabe von beschränkten Mengen modifizierter Luft bei konstanter Durchflussmenge. Der genannte Behälter mit variablem Volumen ist speziell so ausgelegt, dass er eine konstante elastische Kraft ausübt, um über das genannte Ausgangsventil modifizierte Luft bei konstantem Druck abgeben zu können.

**[0005]** Verschiedene bekannten Mittel für die Abgabe von modifizierter Atemluft sind im allgemeinen so angeordnet, dass sie konstante Mengen modifizierter Luft mit einem positiven Druckgradienten abgeben, sie gestatten jedoch nur beschränkte Änderungen der Durchflussmenge und Zusammensetzung der modifizierten Luft.

**[0006]** Intensives Sporttraining, das die Simulation der Bedingungen in grosser Höhe ermöglicht, erfordert beispielsweise das Atmen von sehr grossen Mengen sauerstoffarmer Luft und beträchtliche Veränderungen in der Durchflussmenge und Zusammensetzung der benötigten Atemluft.

**[0007]** Solche bekannten Mittel sind jedoch im allgemeinen für medizinische Anwendungen bestimmt und eignen sich nicht für Anwendungen, die das Atmen grosser Mengen modifizierter Luft und Änderungen der Durchflussmenge und der Zusammensetzung der benötigten Atemluft erfordern.

**[0008]** Intensives Sporttraining, das die Simulation der Bedingungen in grosser Höhe ermöglicht, erfordert beispielsweise das Atmen von sehr grossen Mengen sauerstoffarmer Luft und beträchtliche Veränderungen in der Durchflussmenge und Zusammensetzung der benötigten Atemluft.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0009]** Die vorliegende Erfindung ist dazu bestimmt, jede Luftmenge jeder zum Atmen erforderlichen Zusammensetzung zu erhalten, und besonders dafür das Atmen von modifizierter Luft in einem sehr weiten Bereich variabler Durchsätzen zu ermöglichen.

**[0010]** Zu diesem Zweck, weist die erfindungsgemässe Vorrichtung die in den Ansprüchen definierten Merkmale auf.

**[0011]** Bei der Erfindung ist eine besondere Anordnung eines mit modifizierter Luft bei Umgebungsdruck gefüllten nachgiebigen Sacks derart vorgesehen, dass dieser einen Pufferspeicher darstellt, der beständig eine Wechselwirkung zwischen der Verminderung seines Volumens bis zu einer vorbestimmten unteren Grenze einerseits und dem Füllen des nachgiebigen Sacks andererseits sicherstellt, wenn sein Volumen die genannte untere Grenze erreicht hat.

**[0012]** Die erfindungsgemässe Anordnung des nachgiebigen Sacks gewährleistet im wesentlichen das Ansaugen der jeweils erforderlichen Menge modifizierter Atemluft durch rasches Auffüllen dieses nachgiebigen Sacks mit modifizierter Luft unter Umgebungsdruck in Abhängigkeit der jeweils angesaugten Menge modifizierter Luft.

**[0013]** Der genannte nachgiebige Sack kann rasche Variationen seines Volumens bei Umgebungsdruck ohne elastische Verformung erfahren. Folglich kann sich dieser nachgiebige Sack spontan bei Umgebungsdruck im Gleichgewicht halten, sein Volumen zwanglos verändern und sich sehr rasch bei Umgebungsdruck füllen, wobei seine Wandung einzig dem Umgebungsdruck unterworfen ist, so dass sein Volu-

men frei zunehmen kann, wobei jede Druckänderung spontan aufgehoben wird.

**[0014]** Es ist also möglich, den nachgiebigen Sack sehr rasch bei Umgebungsdruck zu füllen, indem sein Volumen auf das absolute Minimum reduziert wird, das benötigt wird, um die jeweils erforderliche Durchflussmenge der Atemluft sicher zu stellen.

**[0015]** So kann die Füllzeit des nachgiebigen Sacks auf das absolute Minimum reduziert werden „das zum freien Einfüllen des Mindestvolumens des nachgiebigen Sacks innerhalb von wenigen Sekunden benötigt wird, da der nachgiebige Sack bei Umgebungsdruck den ungehinderten Zutritt der modifizierten Luft ermöglicht.

**[0016]** Das Ansaugen der jeweils erforderlichen Menge modifizierter Atemluft wird mit Hilfe eines Saugrohrs gesichert, durch das der erforderliche Unterdruck erzeugt wird, mit dem die Durchflussmenge der Ansaugluft sowie die Dauer des Ansaugens genau gesteuert werden kann. Ausserdem wird der Druckverlust im Ansaugrohr sogar bei sehr hohen Ansaugdurchsätzen vernachlässigbar, wobei der Wert dieses Verlusts in einem Rohr mit 38 mm Durchmesser bei einem hohen Ansaugdurchsatz von 600 l/min weniger als 40 mm Wassersäule beträgt.

**[0017]** Damit wird die zeitliche Folge der wiederholten Füllung des nachgiebigen Sacks bei Umgebungsdruck fortlaufend entsprechend dem Ansaugen der jeweils erforderlichen Menge modifizierter Atemluft angepasst und genau gesteuert.

**[0018]** Der nachgiebige Sack kann folglich ein sehr kleines Volumen von wenigen Litern aufweisen und sehr rasch in wenigen Sekunden gefüllt werden, so dass das wiederholte Auffüllen mehrmals pro Minute fortdauernd die Luftabgabe mit sehr hohen Durchflussmengen im Verhältnis zu seinem Volumen gestattet.

**[0019]** Ausserdem kann das wiederholte Füllen des nachgiebigen Sacks bei Umgebungsdruck gleichzeitig mit dem Absaugen von modifizierter Luft mit der jeweils erforderlichen Durchflussmenge genau gesteuert werden.

**[0020]** Versuche haben gezeigt, dass ein erfindungsgemäss angeordneter nachgiebiger Sack es gestattet, die Durchflussmenge der aus dem nachgiebigen Sack abgesaugten modifizierten Luft in einem sehr weiten Bereich zwischen 0 und 200 l/min oder auch viel mehr zu verändern.

**[0021]** Der nachgiebige Sack kann vorteilhaft aus einer geschmeidigen und äusserst dünnen Kunststoff-Folie mit einer Dicke von wenigen hundertstel Millimetern bestehen, so dass er rasche Volumenän-

derungen ohne elastische Verformung oder Änderung seiner Oberfläche verträgt.

**[0022]** Man kann Luft mit der jeweils zum Atmen erforderlichen Zusammensetzung vorteilhaft mit einem Ejektor erzielen, der wie nachfolgend beschrieben, mit dem nachgiebigen Sack gekoppelt ist,

**[0023]** Der nachgiebige Sack wird vorteilhaft mit Hilfe eines Ejektors gefüllt und erfüllt erfindungsgemäss die folgenden Bedingungen:

1. Die Versorgung des nachgiebigen Sacks mit modifizierter Luft aus dem Ejektor gleicht dem Bedarf an der dem nachgiebigen Sack entnommenen Luft.
2. Der intermittierende Betrieb des Ejektors wird über den nachgiebigen Sack in Abhängigkeit von der Luftentnahme aus dem nachgiebigen Sack gesteuert.
3. Der nachgiebige Sack und der Ejektor sind in einer Rückkopplungsschleife angeordnet, um das wiederholte Auffüllen des nachgiebigen Sacks einzig mit Hilfe eines dem Sack zugeordneten Schalters und eines dem Ejektor zugeordneten Ventils zu steuern.
4. Der Ejektorausstritt mündet frei in den nachgiebigen Sack unter Umgebungsdruck.
5. Der Druck und die Durchflussmenge des injizierten Gases wird im Ejektor konstant gehalten.
6. Die Durchflussmenge der Ansaugluft hängt vom Querschnitt des Lufteintritts im Ejektor ab.
7. Die Zusammensetzung sowie die Durchflussmenge der vom Ejektor abgegebenen modifizierten Luft hängt im wesentlichen vom Querschnitt des Lufteintritts im Ejektor ab.
8. Die Kombination eines mit einem Schalter versehenen nachgiebigen Sacks und eines mit einem Ventil versehenen Ejektors gestattet somit die Abgabe jeder Menge modifizierter Luft mit jeder erforderlichen Zusammensetzung.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0024]** Die Erfindung kann anhand der Ausführungen einer Vorrichtung zum Abgeben von sauerstoffarmer Luft erläutert werden, die einen nachgiebigen Sack und einen Ejektor in Verbindung mit einer Stickstoffquelle umfasst.

**[0025]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch die Ausführung einer Vorrichtung zum Abgeben von sauerstoffarmer Luft, die einen nachgiebigen Sack und einen Ejektor in Verbindung mit einer Stickstoffquelle aufweist.

**[0026]** [Fig. 2](#) zeigt schematischen den Schnitt durch einen Ejektor der Vorrichtung nach [Fig. 1](#).

**[0027]** [Fig. 3](#) veranschaulicht die Änderung des Luftsauerstoffanteils in Abhängigkeit vom Verhältnis der angesaugten Menge Umgebungsluft zum in den

Ejektor nach [Fig. 2](#) injizierten Stickstoff

[0028] [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4d](#) zeigen jeweils die periodische Volumenänderung des nachgiebigen Sacks nach [Fig. 1](#) während der Entnahme von 5, 25, 100 bzw. 200 l/min Luft gleichzeitig mit dem wiederholten Füllen dieses nachgiebigen Sacks.

[0029] [Fig. 5](#) zeigt schematisch eine Variante der Vorrichtung nach Anspruch 1.

[0030] Die Vorrichtung nach [Fig. 1](#) umfasst einen nachgiebigen Sack, der über eine Zuleitung **1a** mit dem Auslass eines Ejektors **2** und mit einem mit einer Atemmaske **3** und zwei Einwegventilen **1c** und **3a** gekoppelten Saugrohr **1b** in Verbindung steht, um das Einatmen durch das Ventil **1c** und das Ausatmen durch das Ventil **3a** zu sichern.

[0031] Der Sack **1** wird so gewählt, dass er vollkommen nachgiebig ist und erfindungsgemäss rasche Volumenänderungen bei Umgebungsdruck erfahren kann.

[0032] Der nachgiebige Sack **1** enthält einen Schalter, der als Kontakt **1d** dargestellt und in einer durch eine strichpunktierte Linie angegebenen Ebene  $V_{\min}$  angeordnet ist, die einer vorbestimmten unteren Grenze des Volumens des Sacks **1** entspricht. Der nachgiebige Sack **1** ist mit einer leitenden Innenwandung **1e** versehen, die dazu dient, einen elektrischen Kontakt mit dem Schalter **1d** herzustellen, wenn das Volumen des nachgiebigen Sacks **1** nach [Fig. 1](#) seine untere Grenze  $V_{\min}$  erreicht hat.

[0033] Der Ejektor **2** nach [Fig. 1](#) umfasst einen Strömungskanal in Längsrichtung mit einem konvergenen Eingangskanal **2c**, der mit einem Eintrittsende **2a** und mit einem divergenen Ausgangskanal **2d** in Verbindung steht, der seinerseits mit einem Austrittsende **2b** des Ejektors **1** in Verbindung steht. Der konvergente Eingangskanal **2c** steht über ein Luftventil **2f** in Verbindung mit der Atmosphäre und mit einer Stickstoffquelle unter Druck **4**, in diesem Fall eine Stickstoffflasche, über eine Stickstoff Zuleitung **4a**, ein Elektroventil **2g** und eine Zuleitung **2e** für Stickstoff unter Druck, einen ringförmigen Einspritzspalt **2i** sowie einen ringförmigen Einlassraum **2j** innerhalb des Ejektors (siehe [Fig. 2](#)). Der divergente Ausgangskanal **2d** steht über die Zuleitung **1a** am entgegengesetzten Austrittsende **2b** des Ejektors **2** mit dem nachgiebigen Sack **1** in Verbindung.

[0034] Das Luftventil **2f** ist am Eintrittsende **2a** des Ejektors **2** angeordnet, um die Menge der in den Ejektor **1** angesaugten Luft einzustellen, durch den Buchstaben A angezeigt ([Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)).

[0035] Die Stickstoff Zuleitung **4a** ist ausserdem mit einem Druckminderventil **4b** und einem Manometer

**4c** versehen, um den Druck des dem Elektroventil **2g** gelieferten Stickstoffs zu kontrollieren.

[0036] [Fig. 1](#) zeigt ausserdem, dass der Schalter **1d** über einen Verzögerer **2h** mit dem Elektroventil **1g** verbunden ist, wie durch eine strichpunktierte Linie So angezeigt ist.

[0037] Der nachgiebige Sack **1** ist über den Schalter **1d** und das Elektroventil **2g** mit der Zuleitung **2e** für die Stickstoffzufuhr zum Ejektor **2** verbunden, um das Öffnen und Schliessen des Elektroventils **2g** über einen Verzögerer **2h** in Abhängigkeit vom Volumen des nachgiebigen Sacks **1** zu steuern.

[0038] Das Elektroventil **2g** ist ein elektromagnetisches Ventil in Verbindung mit dem Schalter **1d** und dem Verzögerer **2h** und ist so ausgelegt, dass es normalerweise in seiner Ruhestellung durch eine Feder geschlossen wird, dass es aktiviert und in seine aktive Offenstellung gebracht wird, sobald das Volumen des nachgiebigen Sacks seine untere Grenze  $V_{\min}$  erreicht und der Schalter **1d** einen elektrischen Kontakt mit der Innenwandung **1e** des Sacks herstellt, dass es mit Hilfe des Verzögerers **2h** in seiner aktiven Stellung während einer vorbestimmten Periode offen gehalten wird, die es ermöglicht, den nachgiebigen Sack **1** mit Luft bei Umgebungsdruck zu füllen, und dass es danach geschlossen und wieder in seine Ruhestellung gebracht wird.

[0039] Die Zufuhr von Stickstoff unter Druck zum Ejektor **2** durch das Elektroventil **2a** wird somit erfindungsgemäss über den nachgiebigen Sack **1** in Verbindung mit dem Schalter **1d** gesteuert.

[0040] [Fig. 1](#) stellt das Sticksstoff-Zufuhrrohr **2c** durch eine schräge Linie dar, um zu zeigen, dass der Ejektor **2** im vorliegenden Fall vorgesehen ist, um das seitliche Einspritzen und auch die Längsströmung in den Kanälen **2c** und **2d** sowie das axiale Ansaugen von Umgebungsluft zu bewirken.

[0041] Man konnte den zufriedenstellenden Betrieb der Vorrichtung nach [Fig. 1](#) mit einem biegsamen Sack **1** sicherstellen, der aus einer dünnen Folie aus Mylar<sup>®</sup> besteht, die mit einer metallisierten Innenwandung **1e** für den elektrischen Kontakt mit dem Schalter **1d** versehen ist.

[0042] Es wurden Versuche im Rahmen der vorliegenden Erfindungen mit einer Vorrichtung nach [Fig. 1](#), wie beschrieben, durchgeführt, die einen Sack **1** aus metallisiertem Mylar in Verbindung mit einem Ejektor **2** bekannter Art aufweist, der unter dem Namen „Airmover“ des Typs AM40 bekannt ist. Diese Versuche haben gezeigt, dass die beschriebene Vorrichtung nach [Fig. 1](#) es gestattet, die Zusammensetzung sowie die Durchflussmenge der dem nachgiebigen Sack entnommenen Luft in sehr grossen Berei-

chen zu variieren.

[0043] [Fig. 2](#) zeigt schematisch und mehr detailliert den Schnitt durch einen Ejektor **2** der beschriebenen Art nach [Fig. 1](#), wobei dieselben Elemente in den beiden Figuren dieselben Bezeichnungen tragen.

[0044] Der Ejektor nach [Fig. 2](#) umfasst einen longitudinalen Strömungskanal, der aus einem konvergenten Eingangskanal **2c**, der in einen divergenten Ausgangskanal **2d** mündet, und einer seitlichen Zuleitung **2e** für Stickstoff unter Druck besteht. Wie aus [Fig. 2](#) hervorgeht, steht die seitliche Stickstoff-Zuleitung **2e** in Verbindung mit dem longitudinalen Strömungskanal des Ejektors durch einen ringförmigen Stickstoff Einlassraum **2j** und einem ringförmigen Spalt **2i**, der in den konvergenten Eingangskanal **2c** mündet, um eine Längsströmung hervorzurufen. Die Form des ringförmigen Spalts **2i** ist speziell so ausgelegt, dass ein Strahl entlang der Wand des Strömungskanals gerichtet, und am Eintrittsende **2a** des Ejektors angesaugte Umgebungsluft mitgenommen wird, die Umgebungsluft im divergenten Kanal mit Stickstoff vermischt und sauerstoffarme Luft am Austrittsende **2b** ausgestossen wird.

[0045] Das Patent CH595558 enthält eine detaillierte Erläuterung des Aufbaus und der Betriebsweise eines Ejektors desselben Typs wie der Ejektor **2** nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Ein Ejektor des Typs nach [Fig. 2](#) gestattet im besonderen die Abgabe von modifizierter Luft mit hohen Durchsätzen und das rasche Füllen des nachgiebigen Sacks bei Umgebungsdruck gemäss der vorliegenden Erfindung.

[0046] [Fig. 3](#) zeigt die Änderung des Prozentsatzes an Sauerstoff in Luft in Abhängigkeit vom Verhältnis A/N der angesaugten Luftmenge A zu der in den Ejektor der genannten Art injizierten Stickstoffmenge N.

[0047] Wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich ist, gestattet der genannte Ejektor Typ die Änderung des Luft/Stickstoff-Verhältnisses in der abgegebenen modifizierten Luft in einem grossen Bereich zwischen  $A/N = 0,5$  bis 15 und des Sauerstoffgehalts in einem grossen Bereich zwischen  $O_2 = 7\%$  bis etwa 19% erstreckt, was in Meereshöhe bzw. bei Normaldruck von 760 mm Hg Sauerstoff-Partialdrücken von 53 mm Hg bzw. 145 mm Hg entspricht, d. h. Sauerstoff Partialdrücken, welche die Atmosphäre in einer Höhe von 8440 m bzw. 800 m aufweist.

[0048] [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4d](#) stellen die Betriebsweise der Vorrichtung nach [Fig. 1](#) durch sägezahnförmige Linien dar, welche die aufeinander folgenden Volumenänderungen des nachgiebigen Sacks **1** in Abhängigkeit von der Zeit im Laufe der Entnahme verschiedener Luftdurchflussmengen und des intermiierenden Betriebs des Ejektors zeigen.

[0049] [Fig. 4a](#) stellt die Volumenänderung des Sacks **1** bei der Entnahme von 5 l/min Luft und Füllphasen mit einer Dauer von je 4 Sekunden dar. Der Luftverbrauch einer Person in Ruhestellung entspricht 5 l/min.

[0050] [Fig. 4a](#) zeigt die Füll- und Abzugszyklen, die jeweils einerseits eine durch einen schräg aufsteigenden Zweig F dargestellte Füllphase während 4 Sekunden umfassen, die einer Ausdehnung des Sacks von einer unteren Grenze  $V_{\min}$  von 10 l bis zu einer oberen Grenze von etwa 30 l während des Betriebs des Ejektors entspricht, und der gleichzeitigen Entnahme und dem Abzug von modifizierter Atemluft mit Hilfe des Saugrohrs **1b**. Jeder der genannten Zyklen umfasst andererseits eine durch einen schräg absteigenden Zweig R dargestellte Abzugsphase, die der Volumenabnahme des Sacks bis zur unteren Grenze von 10 l entspricht.

[0051] Jede Füllphase F wird durch den Betrieb des Ejektors **2** eingeleitet, sobald das Volumen des Sacks **1** die untere Grenze  $V_{\min}$  von 10 l erreicht. Der Schalter **1d** stellt einen elektrischen Kontakt mit der leitenden Innenwandung **1e** des Sacks **1** her, um das Öffnen des Elektroventils **2g** zu bewirken, Stickstoff einzuspritzen, Umgebungsluft in den Ejektor **2** anzusaugen und den Sack **1** mit modifizierter Luft bei Umgebungsdruck zu füllen. Das Elektroventil **2g** wird in diesem Fall mit Hilfe des Verzögerers **2h** während 4 Sekunden in seiner Offenstellung gehalten, um den Sack **1** zu füllen und sein Volumen von 10 l auf etwa 30 l, zu erhöhen. Das Elektroventil **2g** wird dann während der Abzugsphase R, die der Volumenabnahme des Sacks bis zu seiner unteren Grenze von 10 l entspricht, selbsttätig durch eine Rückholfeder in seiner Ruhestellung geschlossen.

[0052] Es wäre zu erwähnen, dass die Entnahme von Atemluft in diesem Fall mit einer durchschnittlichen Durchflussmenge von 5 l/min erfolgt während der gesamten Füll- und Abzugszyklen, d.h. während den Füllphasen F beim Betrieb des Ejektors **2** sowie während den Abzugsphasen R.

[0053] Die Beschreibung der [Fig. 4a](#) gilt im wesentlichen auch für die [Fig. 4b](#), [Fig. 4c](#) und [Fig. 4d](#) und die wichtigsten Unterschiede sind nachstehend erwähnt.

[0054] [Fig. 4b](#) stellt die Volumenänderung des nachgiebigen Sacks **1** im Laufe der Entnahme von 25 l/min Luft dar, wobei diese Durchflussmenge im Verhältnis zur Darstellung in [Fig. 4a](#) fünfmal erhöht ist und die Frequenz der F/R-Zyklen sowie die Steigung der sägezahnförmigen Linien entsprechend erhöht wird.

[0055] [Fig. 4c](#) stellt die Volumenänderung des nachgiebigen Sacks **1** im Laufe der Entnahme von



100 l/min Luft dar, wobei diese Durchflussmenge im Verhältnis zur Darstellung in [Fig. 4a](#) 20-mal erhöht ist und die Frequenz der F/R-Zyklen sowie die Steigung der sägezahnförmigen Linien entsprechend erhöht wird.

[0056] [Fig. 4d](#) stellt die Volumenänderung des nachgiebigen Sacks **1** im Laufe der Entnahme von 200 l/min Luft dar, was dem Luftverbrauch eines Spitzensportlers bei voller Leistung entspricht, wobei diese Durchflussmenge der Luftentnahme im Verhältnis zur Darstellung in [Fig. 4a](#) 40-mal erhöht ist und die Frequenz der F/R-Zyklen sowie die Steigung der sägezahnförmigen Linien entsprechend erhöht wird.

[0057] [Fig. 4a](#) bis [Fig. 4d](#) zeigen, dass der nachgiebige Sack mit einem nutzbaren Füllvolumen von nur 20 l fortlaufend 5 l/min bis 200 l/min Luft abgeben kann. Die Durchflussmenge der vom nachgiebigen Sack abgegebenen Luft hängt von der Frequenz und der Geschwindigkeit des Auffüllens anstatt vom Volumen des nachgiebigen Sacks, wobei diese Durchflussmenge noch weiter erhöht werden kann.

[0058] [Fig. 5](#) zeigt schematisch eine Variante der beschriebenen Vorrichtung nach [Fig. 1](#), wobei die identischen Elemente in diesen beiden Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

[0059] Die Variante nach [Fig. 5](#) umfasst einen nachgiebigen Sack **51**, der an einer feststehenden horizontalen Trennwand **51f** hängt und eine obere Öffnung aufweist, die gegen diese Wand abgedichtet ist.

[0060] Der nachgiebige Sack **51** steht mit dem Austritt eines Ejektors **2** über eine Zuleitung **1a** in Verbindung, welche hermetisch durch die horizontale Wand **51f** geführt wird. Der Ejektor **2** nach dieser Variante ist im wesentlichen derselbe wie der bereits beschriebene Ejektor nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Der nachgiebige Sack **51** steht gleichfalls über ein Saugrohr **1b**, das hermetisch durch diese Trennwand geführt wird und ein Einwegventil **1c** umfasst, mit einer Atemmaske **3** in Verbindung. Die Maske **3** ist ebenfalls mit einem Einwegventil **3c** für den Abzug der ausgeatmeten Luft versehen.

[0061] Innerhalb des nachgiebigen Sacks **51** ist ein Näherungsschalter **51d** an einer durch eine strichpunktierte Linie angezeigten Stelle fest montiert, die einer vorbestimmten unteren Grenze  $V_{\min}$  des Volumens des Sacks **1** entspricht. Dieser Näherungsschalter **51d** gibt ein Nachweissignal  $sV_{\min}$  ab, wenn das Volumen des nachgiebigen Sacks seine untere Grenze  $V_{\min}$  erreicht hat. [Fig. 5](#) stellt das Nachweissignal durch die strichpunktierte, mit  $sV_{\min}$  bezeichnete Linie dar.

[0062] Der nachgiebige Sack **51** enthält ausserdem eine Sauerstoffsonde **51g**, die ein Signal  $sp_{O_2}$  abgibt,

das dem Sauerstoff Partialdruck der im Sack **51** enthaltenen Luft entspricht. [Fig. 5](#) stellt dieses Signal für den Sauerstoff-Partialdruck durch eine strichpunktierte, mit  $sp_{O_2}$  bezeichnete Linie dar.

[0063] Eine Stickstoff-Zuleitung **4a** verbindet die Stickstoffquelle **4** unter Druck über einen Druckminderer **4b**, ein Manometer **4c** und einen Druckgeber **54d**, der ein Signal  $sp_{N_2}$  abgibt, das dem Stickstoffdruck in der Zuleitung **4a** entspricht, mit dem Elektroventil **2g**. [Fig. 5](#) stellt dieses Stickstoffdrucksignal durch eine strichpunktierte Linie  $sp_{N_2}$  dar.

[0064] Die Vorrichtung nach [Fig. 5](#) ist ausserdem mit einer Schalttafel C in Verbindung mit einer nicht gezeigten elektronischen Schaltung versehen, die das Nachweissignal  $sV_{\min}$  vom Näherungsschalter **51d**, das Sauerstoffdrucksignal von der Sauerstoffsonde **51g** und das Stickstoffdrucksignal  $sp_{N_2}$  vom Druckgeber **54d** empfängt und dem Elektroventil **2g** ein Steuersignal  $sc_{N_2}$  überträgt, um den nachgiebigen Sack **51** jeweils zu füllen, wenn sein Volumen die untere Grenze  $V_{\min}$  erreicht hat.

[0065] Die Schalttafel C umfasst einen Bildschirm mit drei Anzeigezonen  $Dp_{O_2}$ ,  $D_m$ ,  $D_{ft}$ , einen Steuerknopf S in Verbindung mit einem nicht gezeigten Hauptschalter (des Typs „ON/OFF“) für die Inbetriebnahme und das Stilllegen der Vorrichtung nach [Fig. 5](#) sowie drei Wählknöpfe  $S_p$ ,  $S_m$ ,  $S_{ft}$ , mit denen die Auswahl der Anzeige des Sauerstoff-Partialdrucks  $p_{O_2}$ , ausgedrückt entweder in mm Hg in der Anzeigzone  $Dp_{O_2}$ , oder die Anzeige der dem Wert  $p_{O_2}$  entsprechenden Höhe, ausgedrückt entweder in Metern in der Anzeigzone  $D_m$ , oder in Fuss in der Anzeigzone  $D_{ft}$  gewählt wird.

[0066] Wenn das Volumen des nachgiebigen Sacks **51** seine untere Grenze  $V_{\min}$  erreicht, wird das Signal  $sV_{\min}$  vom Näherungsschalter **51d** abgegeben und der elektronischen Schaltung in Verbindung mit der Schalttafel C übertragen. Die genannte elektronische Schaltung überträgt dann dem Steuerventil **2g** ein Steuersignal  $sc_{N_2}$ , um dieses zu öffnen, die Stickstoffquelle **4** mit dem Ejektor **2** zu verbinden, Stickstoff unter Druck einzuspritzen und Umgebungsluft in den Ejektor anzusaugen und den nachgiebigen Sack **51** mit einem Gemisch der erforderlichen Zusammensetzung aus Stickstoff und Umgebungsluft zu füllen.

[0067] Die elektronische Schaltung in Verbindung mit der Schalttafel umfasst einen nicht gezeigten Verzögerer, der das Steuersignal  $sc_{N_2}$  genügend lange aufrechterhält, um den nachgiebigen Sack **51** zu füllen. Das Elektroventil **2g** schliesst sich unter Einwirkung einer Rückholfeder wieder selbsttätig, wenn das Signal  $sc_{N_2}$  verschwindet, um zu bewirken, dass das Füllen des nachgiebigen Sacks **51** beendet wird.

[0068] Die genannte elektronische Schaltung in

Verbindung mit der Schalttafel C ist so ausgelegt, dass sie stets vom Druckgeber **54d** das Stickstoffdrucksignal  $sp_{N_2}$  empfängt, wenn die beschriebene Vorrichtung durch den Hauptschalter S in Betrieb genommen wird, und dass sie ein akustisches Warnsignal abgibt, wenn der Stickstoffdruck bis zu einer für den Ejektorbetrieb erforderlichen unteren Grenze absinkt, nämlich wenn die Stickstoffflasche **4** leer ist.

**[0069]** Die Durchführung der Erfindung mit Hilfe einer Vorrichtung nach **Fig. 1** wie beschrieben erlaubt es, die folgenden Vorteile zu kombinieren.

1. Jede erforderliche Menge Atemluft wird durch den nachgiebigen Sack geliefert, der jedes mal gefüllt wird, wenn sein Volumen seine untere Grenze erreicht.
2. Die Luftentnahme aus dem nachgiebigen Sack steuert ständig sein wiederholtes Füllen entsprechend der jeweils entnommenen Luftmenge.
3. Das wiederholte Füllen des nachgiebigen Sacks wird durch die Veränderung seines Volumens gesteuert, wird ständig jeder Menge verbrauchter Luft angepasst und kann durch ein Ventil in Verbindung mit einer Druckgasquelle sichergestellt und durch einen Schalter in Verbindung mit dem nachgiebigen Sack gesteuert werden.
4. Das Volumen des nachgiebigen Sacks kann auf das strikte Minimum reduziert werden, damit sein wiederholtes Füllen das Entnehmen jeder erforderlichen Luftmenge gestattet.
5. Die Durchflussmenge der entnommenen Luft kann von 0 bis mindestens auf 200 l/min erhöht werden.
6. Der nachgiebige Sack bildet einen Austritts-Pufferspeicher, der das Speichern in einem voluminösen Reservoir überflüssig macht, wobei das Volumen des nachgiebigen Sacks im Verhältnis zur Durchflussmenge der über längere Zeiträume entnommenen Luft vernachlässigbar ist.
7. Der Einsatz eines Ejektors für die Durchführung der Erfindung gestattet das innige Vermischen jeder Menge des eingespritzten Gases unter Druck und der in den Ejektor angesaugten Luft.
8. Ein kleiner Ejektor bildet ein besonders einfaches und zuverlässiges Mittel, um augenblicklich die zum wiederholten Füllen des nachgiebigen Sacks erforderliche Luft abzugeben.
9. Der nachgiebige Sack bleibt bei konstantem Druck, und ein am Ejektoreintritt angeordnetes Ventil gestattet die Änderung der Zusammensetzung der vom Ejektor abgegebenen Luft in einem sehr weiten Bereich.
10. Die erfindungsgemässe Kombination eines Ejektors, der in direkter Verbindung mit einem nachgiebigen Sack steht, gestattet damit die ständige Abgabe jeder Luftmenge der erforderlichen Zusammensetzung.
11. Möglichkeit die Zusammensetzung sowie die Durchflussmenge der erfindungsgemäss abgegebenen Luft erheblich zu verändern.

12. Die Erfindung wird mit Hilfe einer besonders einfachen Kombination von sehr zuverlässigen Elementen, deren Anzahl und Grösse auf das strikte Minimum reduziert werden, um jede Luftmenge mit der erforderlichen Zusammensetzung abzugeben und anhaltendes Atmen zu gestatten.

**[0070]** Der zur Durchführung der Erfindung benötigte nachgiebige Sack kann jede geeignete Form haben und seine Masse können reduziert und jeder erforderlichen Menge Atemluft angepasst werden. Verschiedene Varianten und Abänderungen der beispielsweise beschriebenen Vorrichtungen können im Rahmen der Erfindung in Betracht gezogen werden.

**[0071]** Anstatt das wiederholte Füllen des nachgiebigen Sacks mit Hilfe eines Schalters mit einem Verzögerer zu steuern, könnte man auch zwei Schalter einsetzen, besonders Näherungsschalter; die an einer unteren bzw. einer oberen Grenze des Volumens des nachgiebigen Sacks angeordnet sind, um das Öffnen und Schliessen des Elektroventils zu Beginn bzw. am Ende jeder Füllperiode zu steuern. Man kann auch ähnliche Mittel, die eine Sauerstoffquelle unter Druck umfassen, auf vorteilhafte Weise einsetzen, um mit Sauerstoff angereicherte Luft abzugeben.

**[0072]** Verschiedene von Spitzensportlern durchgeführte, intensive Trainingsversuche beim Atmen der erfindungsgemäss abgegebenen sauerstoffarmen Luft mit Hilfe einer wie hier beschriebenen Vorrichtung haben einen zufriedenstellenden Betrieb dieser Vorrichtung erwiesen, vielversprechende Ergebnisse geliefert und besonders eine erhebliche Erhöhung des maximalen Sauerstoffverbrauchs nachgewiesen.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Entnehmen von modifizierter Atemluft, wobei die Vorrichtung einen Behälter mit veränderlichem Volumen aufweist, der über ein Ventil an eine Quelle modifizierter Luft angeschlossen ist, das von einem der Behälterwand zugeordneten Schalter gesteuert wird, der das genannte Ventil jeweils öffnet, wenn das Volumen des genannten Behälters eine vorbestimmte untere Grenze erreicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
  - (a) ein nachgiebiger Sack (**1**), der rasche Volumenänderungen bei Umgebungsdruck ohne elastische Deformation erfahren und mit modifizierter Luft bei Umgebungsdruck gefüllt werden kann, den genannten Behälter mit veränderlichem Volumen bildet,
  - (b) der genannte nachgiebige Sack (**1**) in Verbindung mit einem Saugrohr (**1b**) steht, das die Entnahme jeder Menge der zum Atmen erforderlichen modifizierten Luft unter Umgebungsdruck gestattet,
  - (c) der genannte Schalter (**1d**) der Wandung des nachgiebigen Sacks (**1**) sowie dem genannten Ventil (**2g**) zugeordnet ist, so dass er das genannte Steuer-

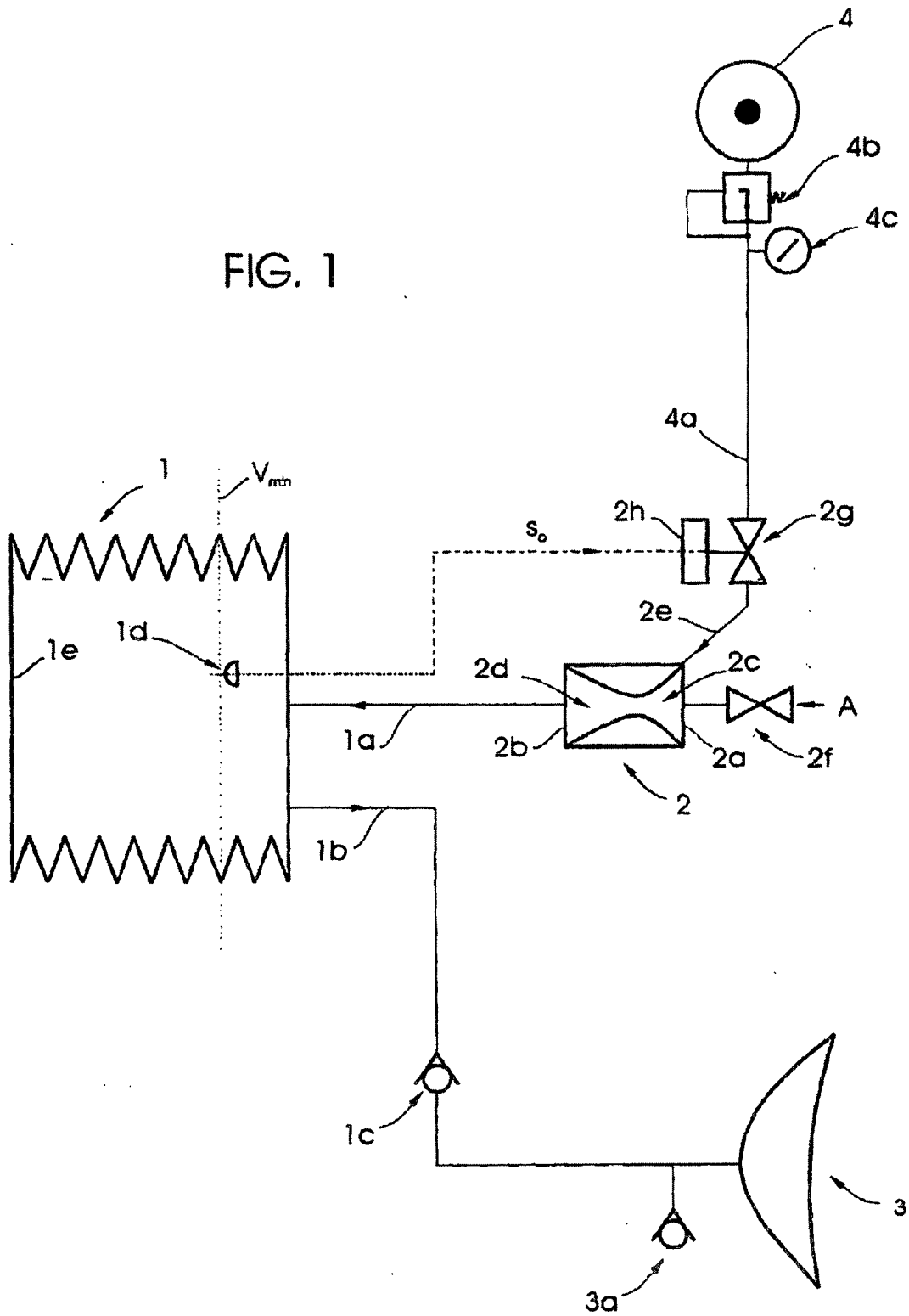
ventil (**2g**) jeweils öffnet, wenn das Volumen des nachgiebigen Sacks (**1**) die genannte vorbestimmte untere Grenze ( $V_{\min}$ ) erreicht, und (d) die Kombination von (a), (b) und (c) derart vorgesehen ist, dass der genannte nachgiebige Sack (**1**) in Abhängigkeit von jeder entnommenen, zum Atmen erforderlichen Menge modifizierter Luft unter Umgebungsdruck mit modifizierter Luft unter Umgebungsdruck gefüllt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte nachgiebige Sack (**1**) unmittelbar mit dem Austritt (**2b**) eines Ejektors (**2**) mit zwei Eintritten (**2e** und **2c**) in Verbindung steht, die über das genannte Ventil (**2**) mit einer Gasquelle (**4**) unter Druck bzw. über ein Ansaugventil (**2f**; **52f**) mit der Atmosphäre zum Ansaugen von Umgebungsluft verbunden sind, wobei der genannte Ejektor (**2**) einen Austritt (**2b**) aufweist, der mit dem genannten nachgiebigen Sack (**1**) in Verbindung steht, so dass das Öffnen des genannten Ventils (**2**) das Injizieren von Gas unter Druck in einem vorbestimmten Verhältnis in die Umgebungsluft bewirkt, die in den Ejektor (**2**) angesaugt wird und den genannten nachgiebigen Sack (**1**) mit modifizierter Luft jeder zum Atmen erforderlichen Zusammensetzung und unter Umgebungsdruck füllt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



FIG. 1



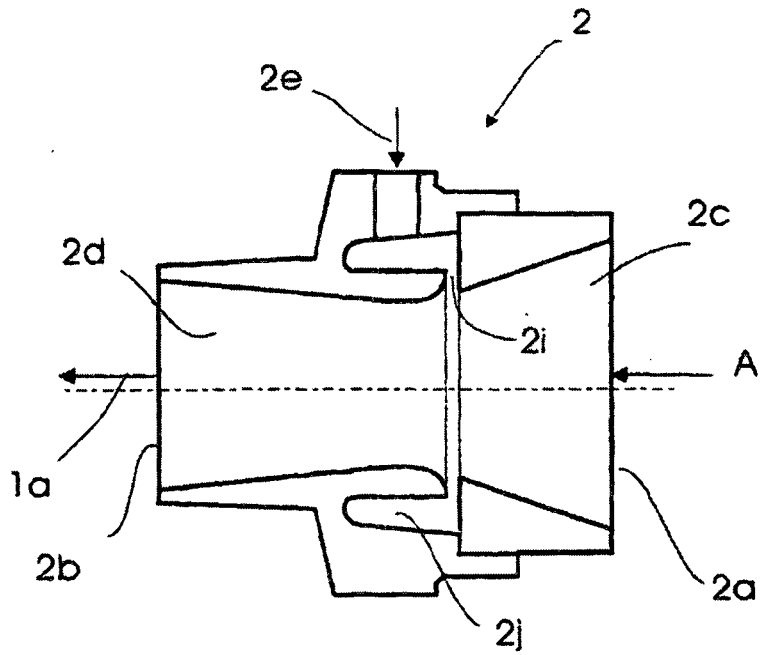


FIG. 2

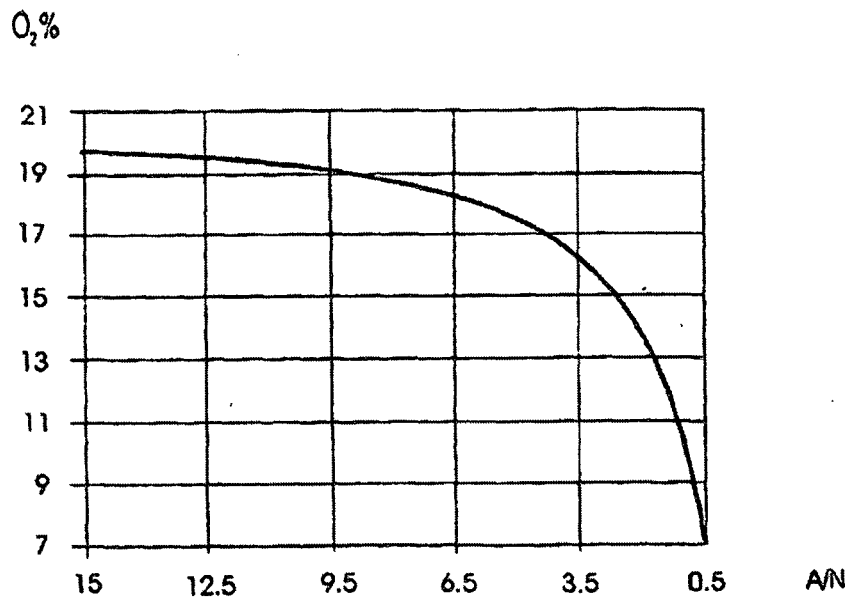


FIG. 3

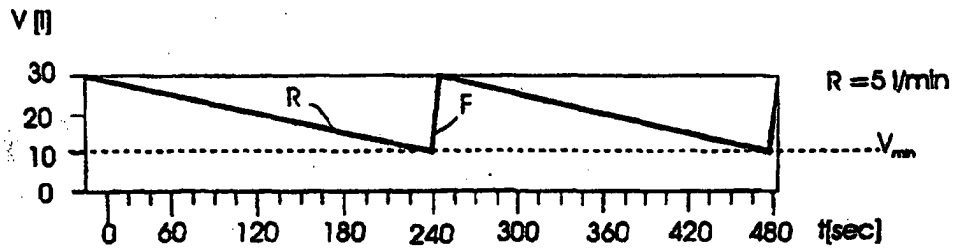


FIG. 4a

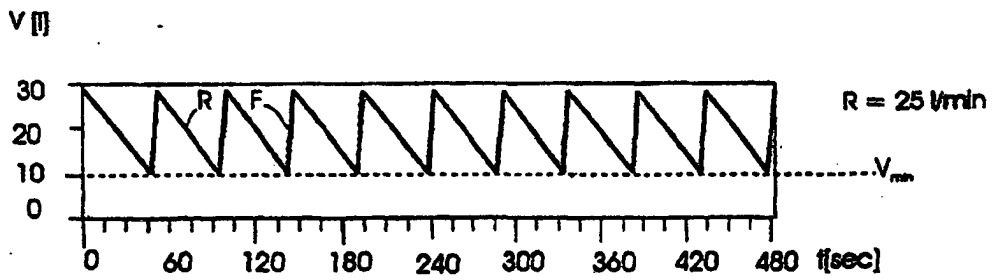


FIG. 4b

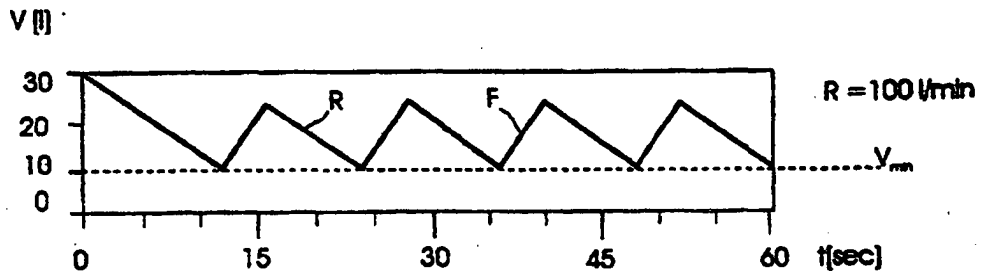


FIG. 4c

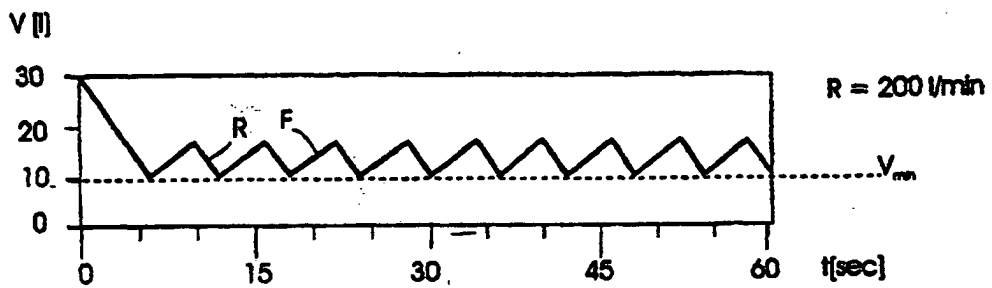


FIG. 4d

FIG. 5

