



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 39 080 B4 2004.06.03**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 39 080.7**
 (22) Anmeldetag: **02.11.1994**
 (43) Offenlegungstag: **09.05.1996**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.06.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 5/085**
A61B 5/103, G01K 11/22
// G05D 22/02

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Ganshorn Medizin Electronic GmbH, 97702
Münnerstadt, DE

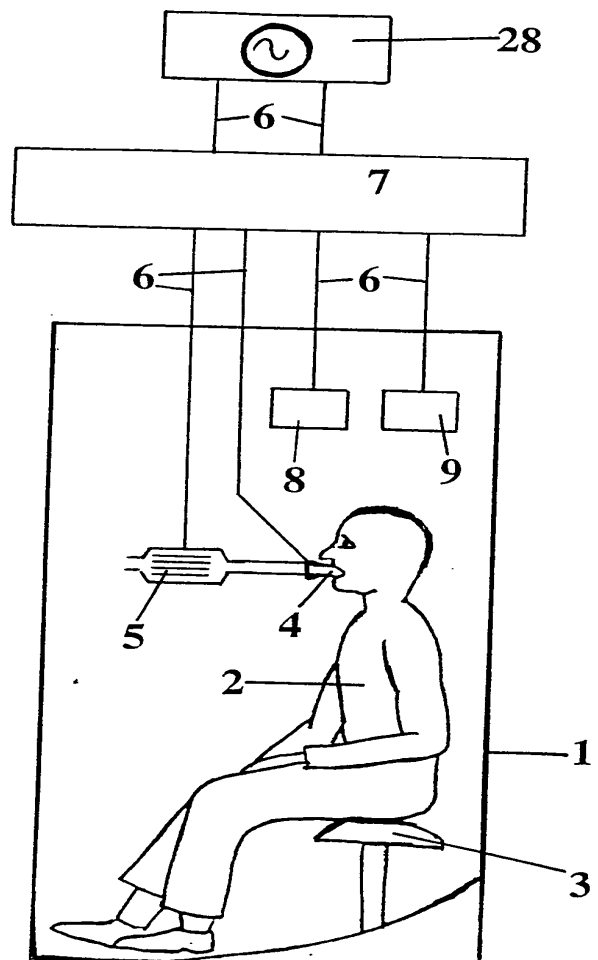
(74) Vertreter:
Pöhner, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
97070 Würzburg

(72) Erfinder:
Ganshorn, Peter, Dipl.-Ing., 97702 Münnerstadt,
DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 28 12 447 C2
DE-AS 15 66 160
DE 30 12 407 A1
DD 2 25 911 A1
GB 8 01 757
US 38 85 436
SU 15 51 348 A1
JP 57-157127 A., In: Patents Abstracts of Japan,
P-164, Dec. 21, 1982, Vol. 6, No. 262;

(54) Bezeichnung: **Ganzkörper-Plethysmograph**

(57) Hauptanspruch: Ganzkörper-Plethysmograph für medizinische Lungenuntersuchungen mit einer luftdicht verschließbaren Kabine (1) zur Aufnahme einer zu untersuchenden Person (2), einem auf den Innendruck der Kabine (1) ansprechenden Manometer (8), einem in der Kabine (1) angeordneten und mit einem Mundstück (4) versehenen Pneumotachographen (5), einem Signalgeber für die Temperaturdifferenz zwischen der ein- und ausgeatmeten Luft, einem Ausgabegerät (28) und einer Auswerteeinheit (7) mit Signaleingängen (10, 18, 20, 25), an denen Signalleitungen (6) vom Manometer (8), vom Pneumotachographen (5) und von dem Signalgeber für die Temperaturdifferenz angeschlossen sind, mit einem Signalausgang (11) für die vom Pneumotachographen (5) gemessene Atemstromstärke und einem Signalausgang (27) für den vom Manometer (8) gemessenen und von der Auswerteeinheit (7) von den temperaturbedingten Druckschwankungen zumindest teilweise bereinigten Innendruck, wobei die beiden Signalausgänge (11, 27) über Signalleitungen (6) mit dem Ausgabegerät (28) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ultraschallquelle und ein Ultraschallsensor vorhanden sind, die an oder im Mundstück (4) des...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Ganzkörper-Plethysmographen für medizinische Lungenuntersuchungen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein Plethysmograph dient bekanntlich zur Bestimmung des Atemwegwiderstandes, der über den Zustand des bronchialen Strömungswiderstandes und damit den Grad von Lungenerkrankungen wichtige Größen liefert. Da eine direkte Messung dieses Wertes nicht möglich ist, wird er aus der Strömung der ausgeatmeten Luft und dem Alveolardruck berechnet. Die Atemstromstärke wird von einem Pneumotachographen gemessen. Der Alveolardruck wird hingegen nicht direkt bestimmt, sondern wird vom Druck in der gasdichten Kabine abgeleitet. Durch das Ein- und Ausatmen verändert sich das Volumen des Körpers der in der Kabine sitzenden Person, was sich durch geringe Druckschwankungen in der Kabine bemerkbar macht, welche von einem Manometer gemessen werden. Die Druckunterschiede sind jedoch so gering, daß das Ergebnis sehr fehleranfällig ist. Erhebliche Verfälschungen der Meßwerte ergeben sich vor allen Dingen dadurch, daß Temperaturunterschiede zwischen der ein- und der ausgeatmeten Luft vorhanden sind, die zu einer thermischen Volumenänderung Anlaß geben. So wird die eingeatmete Luft in der Lunge ungefähr auf 34,5 °C erhitzt, was etwas unterhalb der Kerntemperatur der Lunge von 37 °C liegt.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 15 66 160 ist ein Plethysmograph bekannt, bei dem Korrekturwerte für die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit vorzugsweise über zwei unabhängige Potentiometer manuell eingestellt werden. Das Ergebnis wird an einem Schreiber kontrolliert und die Korrekturwerte so lange justiert, bis der Kurvenverlauf der über dem Druck aufgetragenen Volumenänderung für das Ein- und Ausatmen ungefähr die selbe Linie ergibt. Sind die Linien für das Ein- und Ausatmen nicht deckungsgleich, so ist der Druckausgabewert nicht oder noch nicht vollständig von möglichen Störeinflüssen (z.B. Änderungen der Temperatur oder der Luftfeuchtigkeit) bereinigt. Der Nachteil dieser Methode ist, daß sie einer aufwendigen Justierung bedarf und daß sich die Korrekturwerte nicht automatisch an veränderte Bedingungen anpassen. So müssen die Korrekturwerte für die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit gegebenenfalls während des Versuchs nachgestellt werden.

Aufgabenstellung

[0004] Aus der JP 57-157127 A (Abstract) ist die Messung der Schallgeschwindigkeit mittels Ultraschall im Atemstrom zur Bestimmung der Temperatur bekannt.

[0005] Demgegenüber hat sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, einen Ganzkörper-Plethysmographen anzugeben, der eine automatische Fehlerkorrektur für die durch die Temperatur und Feuchtigkeitserkennung der Atemluft bedingten Volumenänderungen durchführt.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Das wesentliche der Erfindung ist, die Temperaturdifferenz zwischen der ein- und der ausgeatmeten Luft sowie den aktuellen Wert der Luftfeuchtigkeit in der Kabine zu messen. Erforderlich ist hierfür ein genaues Thermometer mit geringer Trägheit, da die Ein- und Ausatemvorgänge relativ schnell hintereinander erfolgen. Es findet daher ein Ultraschallsensor Verwendung, mit dem sehr schnell die Dichte gemessen werden kann. Da die Dichte nach der Formel

$$\rho = \frac{p}{R \cdot T}$$

temperaturabhängig ist, eignet sich der Ultraschallsensor gut als Thermometer. Dabei ist T die absolute Temperatur, R die spezifische Gaskonstante und p der Druck, der nahezu konstant ist, da die Atembewegungen nur sehr geringe Druckschwankungen verursachen. Es steht selbstverständlich frei, den Fehler durch die Druckschwankungen herauszurechnen, da der Druck in der Kabine ohnehin gemessen wird. Jedoch reicht die Näherung umgekehrt proportional zu T vollkommen aus. Der Ultraschallsensor ist an oder im Mundstück des Pneumotachographen angebracht und detektiert Ultraschall, der von einer Ultraschallquelle verbreitet wird. Das Meßergebnis wird so aufbereitet, daß es der Temperaturdifferenz zwischen der ein- und ausgeatmeten Luft entspricht und wird über eine Signalleitung an die Auswerteeinheit, beispielsweise einen Rechner, übermittelt, der daraus in Verbindung mit dem vom Manometer gemessenen Druck und der vom Pneumotachographen gemessenen Atemstromstärke einen Korrekturwert für den Druck errechnet, der von dem gemessenen Innendruck in der Kabine abgezogen wird.

[0009] Der Einfluß des sich ändernden CO₂-Gehaltes in der Kabine ist so gering, daß er vernachlässigt werden kann.

[0010] Die Auswirkungen durch die Änderung der Luftfeuchtigkeit sind zwar ebenfalls gering, aber schon merklich. Die eingeatmete Luft nimmt in der Lunge Feuchtigkeit auf, wodurch eine Vergrößerung des Volumens resultiert. Der Anteil in dem insgesamt etwa 9%igen Anteil der Volumenänderungen durch äußere Störeinflüsse beträgt allerdings lediglich 3%.

[0011] Für genaue Messungen muß jedoch die Luftfeuchtigkeit berücksichtigt werden. Da die ausgeatmete Luft immer eine relative Luftfeuchtigkeit von 100% aufweist, ist es lediglich notwendig, den Luftfeuchtigkeitswert der eingeatmeten Luft, also der

Umgebungsluft in der Kabine, als Parameter für die Fehlerkorrektur zu berücksichtigen. Dazu wird ein Signalgeber für die Luftfeuchtigkeit über eine Signalleitung an den betreffenden Signaleingang der Auswerteeinheit, die z.B. ein Rechner ist, angeschlossen. Die Auswerteeinheit berücksichtigt die Volumenänderung, die von der Luftfeuchtigkeit herrührt, und bezieht diesen Wert in die Berechnung des bereinigten Innendrucks mit ein. Auf diese Weise erhält man ein Ausgangssignal, bei dem sowohl die Fehlereinflüsse durch die Temperatur als auch durch die Luftfeuchtigkeit herausgerechnet sind. Die anderen Störeinflüsse sind von sehr geringer Bedeutung und können vernachlässigt werden.

[0012] Die Fehlerkorrektur für die Luftfeuchtigkeit gestaltet sich deshalb einfacher und komfortabler, wenn ein Hygrometer als Signalgeber für die Luftfeuchtigkeit Verwendung findet. Die Luftfeuchtigkeit muß dadurch nicht extra bestimmt und manuell eingestellt werden, sondern sie wird in der Kabine gemessen und vom Hygrometer über eine Signalleitung direkt an die Auswerteeinheit weitergeleitet.

[0013] Da für die Ermittlung des bereinigten Innendrucks kein aufwendiges Programm notwendig ist, ist es bevorzugt, die Auswerteeinheit aus Hardware-Bausteinen aufzubauen. Die Korrekturen können durch bekannte Standardbausteine ohne Software-Programmierung durchgeführt werden. Da die Signalverarbeitung analog geschieht, müssen die Eingangssignale sowie die von der Auswerteeinheit ausgegebenen Ausgangssignale an das Ausgabegerät ebenfalls analog sein.

[0014] Eine mögliche Schaltung, die die Fehlerkorrektur durchführt, besteht aus einem Subtrahierer, einem Multiplizierer, einem Integrator sowie einer Diode und zwei Potentiometern. Die Bausteine sind so verschaltet, daß ein vom Multiplizierer gelieferter Korrekturwert vom gemessenen Innendruck in der Kabine abgezogen wird. Die Differenz ist dann der bereinigte Innendruck. Der Korrekturwert entsteht durch Multiplikation eines von dem Temperatur- und dem Luftfeuchtigkeits-Eingangssignales abhängigen Werts mit dem von einem Integrator gelieferten Wert des Atemvolumens. Der Integrator selbst ist über eine Diode mit dem Eingangssignal der Atemstromstärke verbunden. Der Vorteil dieser Schaltung ist, daß sie einfach aus relativ preiswerten Standardbausteinen aufgebaut ist, wodurch die Material- und Herstellungskosten gering sind.

[0015] Im Rahmen des der Erfindung zugrundegelegten Gedankens steht die Art der Signalübertragung in den Signalleitungen frei. Da der Rechner elektronisch arbeitet, bietet sich eine elektrische Signalübertragung an. Alternativ können die Signale auch optisch übertragen werden. Allerdings müssen dann elektrooptische Signalwandler an den Schnittstellen eingesetzt werden.

[0016] Das Ausgabegerät dient dazu, die Ergebnisse in einer sinnvollen Art sichtbar zu machen. Dies kann im einfachsten Fall durch einen Schreiber oder

durch ein Oszilloskop geschehen. In einer anspruchsvolleren Ausgestaltung werden die Signale vom Ausgabegerät aufbereitet und auf einem Monitor entweder alphanumerisch oder grafisch dargestellt. [0017] Um den nachträglichen Einbau des Ultraschallsensors und der Ultraschallquelle zu erleichtern, sind diese beiden Teile in einem gemeinsamen Gehäuse integriert, so daß nur noch das Gehäuse am oder im Mundstück des Pneumotachographen angebracht und eine Signalleitung vom Gehäuse zur Auswerteeinheit verlegt werden muß.

[0018] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung lassen sich dem nachfolgenden Beschreibungsteil entnehmen, in dem anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert wird. Es zeigen in schematischer Darstellung:

[0019] **Fig. 1** eine Kabine mit Blockschaltbild für die Signalleitungen

[0020] **Fig. 2** Schaltplan des Rechners

Ausführungsbeispiel

[0021] In **Fig. 1** ist eine Kabine (1) dargestellt, in der eine Person (2) auf einem Stuhl (3) sitzt, die durch ein Mundstück (4) eines Pneumotachographen (5) atmet. Die vom Pneumotachographen (5) gemessene Atemstromstärke wird über eine Signalleitung (6) an eine Auswerteeinheit (7) geleitet, welche auch mit einem Manometer (8) und einem Hygrometer (9) in der Kabine (1) ebenfalls über Signalleitungen (6) verbunden ist. Die Ausgangssignale der Auswerteeinheit (7) werden über Signalleitungen (6) an ein Ausgabegerät (28) (in diesem Fall ein Oszilloskop) übermittelt.

[0022] In **Fig. 2** ist ein Schaltplan der Auswerteeinheit (7) mit allgemein üblichen Zeichen für die Bauelemente dargestellt. Der Signaleingang (10) vom Pneumotachographen (5) ist unmittelbar mit dem Signalausgang (11) für die Atemstromstärke verbunden. Von dieser Verbindung zweigt eine über eine Diode (12) führende Leitung zu einem Integrator (13) ab. Die Diode (12) ist so gepolt, daß sie beim Ausatemvorgang sperrt. Der Ausgang des Integrators (13) ist über ein Potentiometer (14) mit dem Faktoreneingang (15) eines Multiplizierers (16) verbunden. Der andere Faktoreneingang (17) des Multiplizierers (16) weist eine unmittelbare Verbindung mit dem Signaleingang (18) für die Temperaturdifferenz auf. An diese Verbindung ist ein Potentiometer (19) angekopfelt, das mit dem Signaleingang (20) für die Luftfeuchtigkeit in Verbindung steht. Der Produktausgang (21) des Multiplizierers (16) führt zu einem Subtrahierendeingang (22) eines Subtrahierers (23), dessen Minuendeneingang (24) mit dem Signaleingang (25) für den Innendruck der Kabine (1) verbunden ist. Der Differenzausgang (26) des Subtrahierers (23) bildet schließlich den Signalausgang (27) für den bereinigten Innendruck.

Patentansprüche

1. Ganzkörper-Plethysmograph für medizinische Lungenuntersuchungen mit einer luftdicht verschließbaren Kabine (1) zur Aufnahme einer zu untersuchenden Person (2), einem auf den Innendruck der Kabine (1) ansprechenden Manometer (8), einem in der Kabine (1) angeordneten und mit einem Mundstück (4) versehenen Pneumotachographen (5), einem Signalgeber für die Temperaturdifferenz zwischen der ein- und ausgeatmeten Luft, einem Ausgabegerät (28) und einer Auswerteeinheit (7) mit Signaleingängen (10, 18, 20, 25), an denen Signalleitungen (6) vom Manometer (8), vom Pneumotachographen (5) und von dem Signalgeber für die Temperaturdifferenz angeschlossen sind, mit einem Signalausgang (11) für die vom Pneumotachographen (5) gemessene Atemstromstärke und einem Signalausgang (27) für den vom Manometer (8) gemessenen und von der Auswerteeinheit (7) von den temperaturbedingten Druckschwankungen zumindest teilweise bereinigten Innendruck, wobei die beiden Signalausgänge (11, 27) über Signalleitungen (6) mit dem Ausgabegerät (28) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ultraschallquelle und ein Ultraschallsensor vorhanden sind, die an oder im Mundstück (4) des Pneumotachographen (5) angebracht sind mit deren Hilfe die Dichte erfasst wird, wobei die Differenz der Dichten zwischen ein- und ausgeatmeter Luft als Maß für die Temperaturdifferenz das Ausgangssignal des Signalergebnis ergibt und ein Signalgeber für die in der Kabine (1) herrschende relative Luftfeuchtigkeit vorhanden ist, der über eine Signalleitung (6) an einen Signaleingang (20) der Auswerteeinheit (7) angeschlossen ist und daß das Ausgangssignal für den Innendruck der Kabine (1) zumindest teilweise von den Druckschwankungen bereinigt ist, die von den Schwankungen der Luftfeuchtigkeit der ein- und ausgeatmeten Luft herrühren.

2. Ganzkörper-Plethysmograph nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (7) ein Rechner ist.

3. Ganzkörper-Plethysmograph nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Signalgeber für die relative Luftfeuchtigkeit ein Hygrometer (9) ist.

4. Ganzkörper-Plethysmograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Ausgangssignale Analogsignale sind und daß die Auswerteeinheit (7) eine Schaltung aus Hardware-Bausteinen ist.

5. Ganzkörper-Plethysmograph nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß
 – der Signaleingang (10) vom Pneumotachographen (5) mit dem Signalausgang (11) für die Atemstromstärke und über eine Diode (12) mit dem Eingang ei-

nes Integrators (13) verbunden ist, wobei die Diode (12) so gepolt ist, daß sie beim Ausatemvorgang sperrt,

– der Ausgang des Integrators (13) über ein Potentiometer (14) mit einem Faktoreneingang (15) eines Multiplizierers (16) verbunden ist,

– der Signaleingang (18) vom Ultraschallsensor mit dem anderen Faktoreneingang (17) des Multiplizierers (16) verbunden ist,

– der Signaleingang (20) vom Signalgeber für die relative Luftfeuchtigkeit über ein Potentiometer (19) mit dem Signaleingang (18) vom Ultraschallsensor verbunden ist,

– der Produktausgang (21) des Multiplizierers (16) mit dem Subtrahendeneingang (22) eines Subtrahierers (23) verbunden ist,

– der Signaleingang (25) vom Manometer (8) mit dem Minuendeneingang (24) des Subtrahierers (23) verbunden ist,

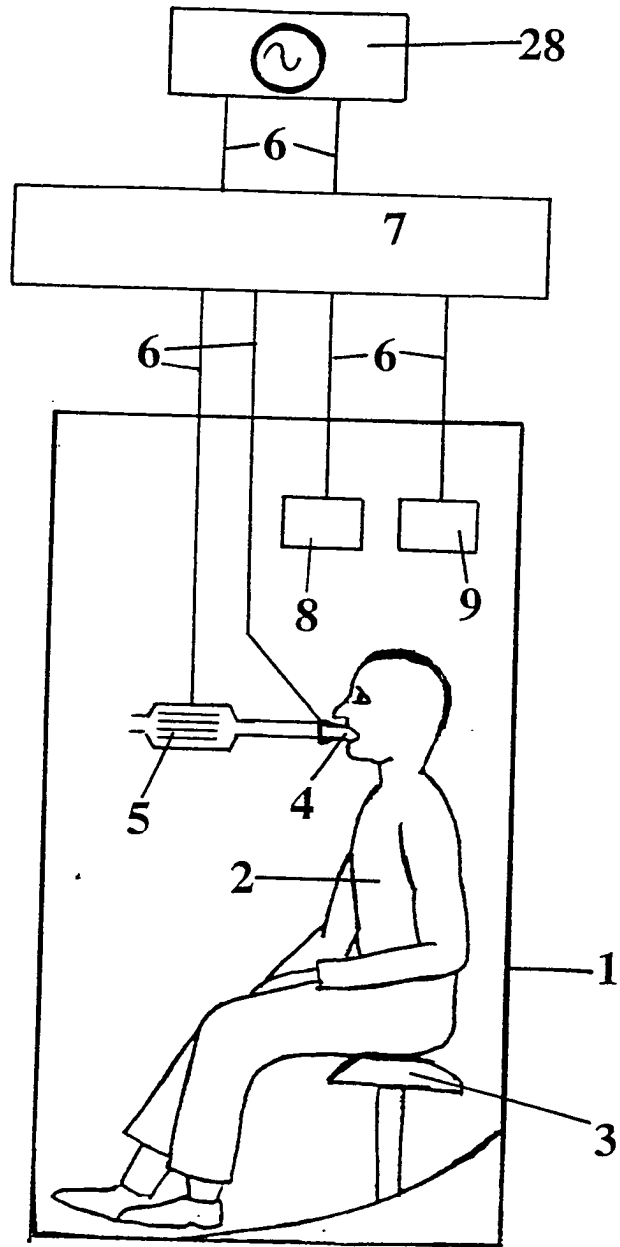
– der Differenzausgang (26) des Subtrahierers (23) mit dem Signalausgang (27) für den bereinigten Innendruck verbunden ist.

6. Ganzkörper-Plethysmograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch elektrische und/oder optische Signalübertragung in den Signalleitungen (6).

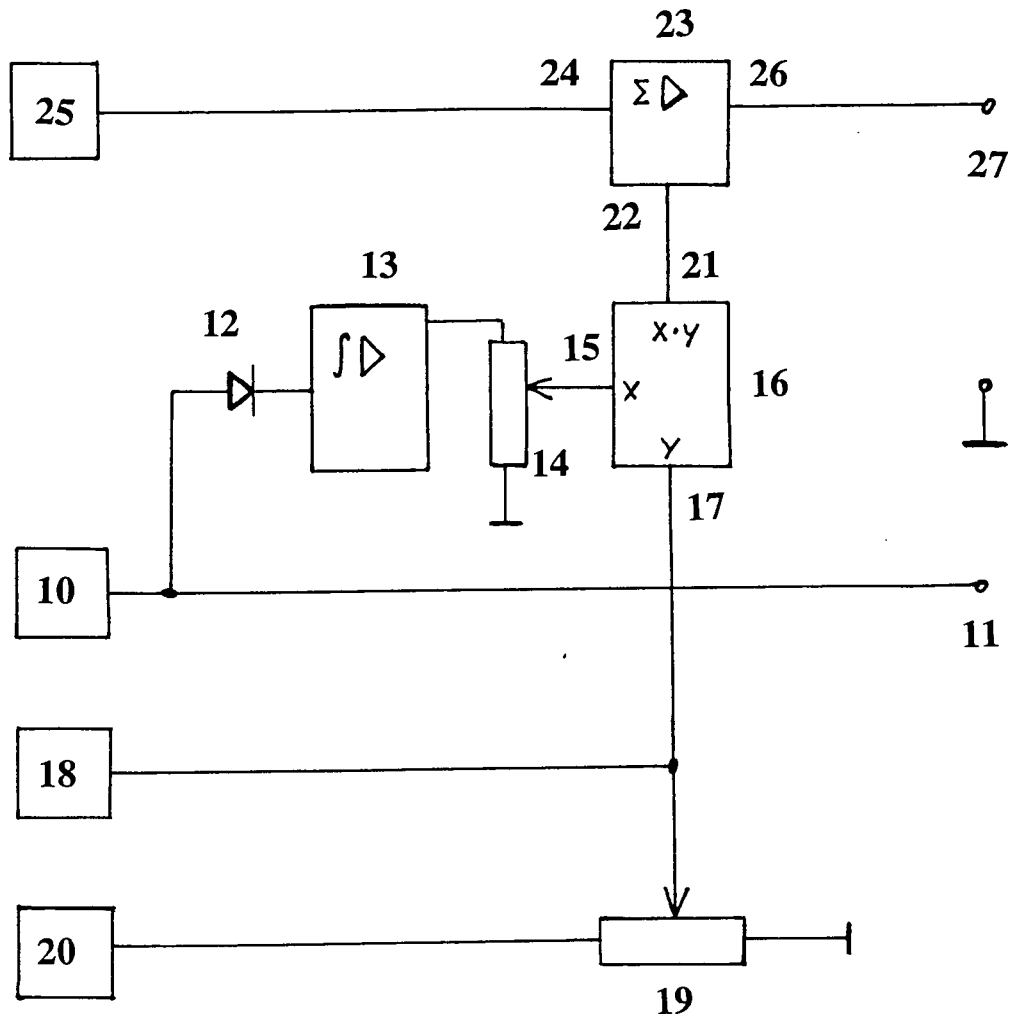
7. Ganzkörper-Plethysmograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgabegerät (28) ein Schreiber, ein Oszilloskop oder ein Monitor mit alphanumerischer oder grafischer Darstellung ist.

8. Ganzkörper-Plethysmograph nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallquelle und der Ultraschallsensor in einem Gehäuse zusammengefaßt sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Figur 1



Figur 2