



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 048 716 B3 2008.02.21**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 048 716.8**

(22) Anmeldetag: **14.10.2006**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **21.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B63G 8/36 (2006.01)**
A62B 11/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Howaldswerke Deutsche Werft AG, 24143 Kiel, DE

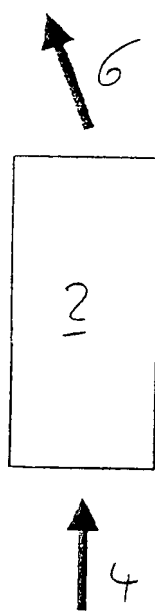
(74) Vertreter:
Wilcken & Vollmann, 23554 Lübeck

(72) Erfinder:
**Angenendt, Hartmut, Dipl.-Ing., 23627 Groß
 Grönau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 33 15 969 A1
DE 3 16 891 A

(54) Bezeichnung: **Unterseeboot mit einer CO₂-Bindeeinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Unterseeboot mit einer CO₂-Bindeeinrichtung zum Binden des in der Luft im Inneren des Unterseebootes enthaltenen CO₂, wobei die CO₂-Bindeeinrichtung ein CO₂-Bindemittel aufweist, welches mittels Wasserdampf regenerierbar ist, und einen Dampferzeuger zum Erzeugen des Wasserdampfes aufweist, welcher zur Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Unterseeboot mit einer CO₂-Bindeeinrichtung zum Binden des in der Luft im Inneren des Unterseebootes enthaltenen CO₂.

[0002] Bei Unterseebooten ist es erforderlich, im getauchten Zustand aus der Innen- bzw. Atemluft das dort enthaltene CO₂ zu binden. Das CO₂ fällt insbesondere in der Ausatemluft der Mannschaft an. Diese Bindung erfolgt heutzutage meist durch Atemkalk oder Lithiumhydroxid. Atemkalk hat den Nachteil, dass große Mengen von Atemkalk im Unterseeboot mitgeführt werden müssen, um auch bei längeren Missionen eine CO₂-Bindung gewährleisten zu können. Lithiumhydroxid nimmt zwar bei gleichen CO₂-Bindeeigenschaften ein geringeres Volumen ein als Atemkalk, hat jedoch den Nachteil, dass es deutlich teurer ist.

[0003] Aus DE 316 891 ist ein weiteres Verfahren zum Entfernen von Kohlendioxid aus Atemluft mittels Wasser bekannt. Aus DE 33 15 969 A1 ist ein System zur Umwandlung von Kohlendioxid zur Gewinnung von Sauerstoff bekannt.

[0004] Ferner sind reversible CO₂-Bindeeinrichtungen bekannt, bei welchen das gebundene CO₂ durch Zufuhr von Wärmeenergie wieder gelöst werden kann. Die erforderliche Wärmeenergie wird in den meisten Fällen durch Umwandlung elektrischer Energie gewonnen, die im getauchten Zustand des Bootes bereitgestellt werden muss. Bei nicht nuklear angetriebenen Unterseebooten ist dieses Verfahren bedingt nachteilig, da die elektrische Energie entweder durch Batterien oder durch die außenluftunabhängige Antriebsanlage, d. h. Brennstoffzellenanlage oder ähnliche, sofern vorhanden, bereitgestellt werden muss. Das heißt, hier wird entweder eine zusätzliche Batteriekapazität für die Regenerierung der CO₂-Bindeeinrichtung benötigt, was größere Batterieanordnungen mit dem entsprechenden Platzbedarf erfordert, oder es werden zusätzliche Brennstoff- und Sauerstoffvorräte benötigt, was zur Vergrößerung der entsprechenden Speicher- bzw. Tank-Kapazität führt.

[0005] Im Hinblick auf diesen Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Unterseeboot mit einer verbesserten regenerativen CO₂-Bindeeinrichtung bereitzustellen, welche eine kostengünstige CO₂ Bindung im Unterseeboot ermöglicht und darüber hinaus einen geringeren Platzbedarf erfordert.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Unterseeboot mit dem in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Unterseeboot ist die regenerative CO₂-Bindeeinrichtung vorzugs-

weise derart ausgestaltet, dass das Batterievolumen, das Speichervolumen und/oder das Tankvolumen für die zusätzliche Energiebereitstellung geringer ist als das Volumen für die Bevorratung von Lithiumhydroxid unter der Voraussetzung gleicher Absorptionsleistung beider Systeme, und dass die Betriebskosten geringer sind als die einer Anlage unter Verwendung von Atemkalk. Eine solche Anlage ist somit sowohl im Hinblick auf den Raumbedarf als auch im Hinblick auf die Betriebskosten optimiert.

[0008] Erfindungsgemäß ist eine CO₂-Bindeeinrichtung zum Binden des in der Luft, insbesondere der Atemluft im Inneren des Unterseebootes enthaltenen CO₂ vorgesehen. Diese CO₂-Bindeeinrichtung weist ein CO₂-Bindemittel auf, welches regenerierbar ist, d. h. es handelt sich um eine regenerative CO₂-Bindeeinrichtung. Die Regeneration des CO₂-Bindemittels erfolgt dabei durch Zuführung von Wasserdampf, wobei durch den Wasserdampf das CO₂ aus dem CO₂-Bindemittel gelöst und aus der CO₂-Bindeeinrichtung ausgelesen wird und dann aus dem Unterseeboot abgeleitet werden kann. Derartige CO₂-Bindemittel sind am Markt verfügbar. Diese regenerative CO₂-Bindeeinrichtung hat den Vorteil, dass deutlich geringere Mengen an CO₂-Bindemittel mitgeführt werden müssen, als es beispielsweise bei Atemkalk oder Lithiumhydroxid erforderlich waren. Die Anlage ist so ausgebildet, dass das CO₂-Bindemittel sobald es eine bestimmte Sättigung erreicht hat, wieder regeneriert wird und anschließend wieder erneut CO₂ aufnehmen kann. Das heißt, das CO₂-Bindemittel wird mehrfach genutzt. Vorzugsweise sind in dem Unterseeboot mehr als eine CO₂-Bindeeinrichtung vorgesehen, so dass während der Regenerationsphase einer CO₂-Bindeeinrichtung zumindest eine zweite CO₂-Bindeeinrichtung in Betrieb sein kann, um CO₂ aus der Atemluft zu entfernen.

[0009] Erfindungsgemäß erfolgt die Regeneration des CO₂-Bindemittels durch Zufuhr von Wasserdampf. Hierzu ist in dem Unterseeboot ein Dampferzeuger vorgesehen, welcher den erforderlichen Wasserdampf erzeugt und der CO₂-Bindeeinrichtung zuführt, so dass der Wasserdampf das CO₂-Bindemittel durchspülen kann. Erfindungsgemäß ist der Dampferzeuger dabei so ausgebildet, dass in ihm direkt Wasserstoff mit Sauerstoff verbrannt wird, um die erforderliche Wärmeenergie bereitzustellen. Diese Verbrennung kann katalytisch oder in einem offenen Brenner erfolgen. Die direkte Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff hat den Vorteil, dass ein sehr hoher Wirkungsgrad erreicht werden kann, welcher größer ist als bei Erwärmung mittels elektrischer Energie, welche in Batterien zwischengespeichert ist und zuvor durch einen Generator erzeugt wurde. Insbesondere führt die direkte Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff dann zu einem Gewinn an Wirkungsgrad, wenn der Energiebedarf des getauchten Bootes von einer Brennstoffzelle gedeckt wird, die

Wasserstoff und Sauerstoff in elektrische Energie umwandelt. In diesem Fall werden bei direkter Verbrennung gegenüber Dampferzeugung mittels elektrischer Energie die sich im Wirkungsgrad der Brennstoffzelle manifestierenden Verluste vermieden. Vorzugsweise sind der Dampferzeuger und die CO₂-Bindeeinrichtung derart ausgebildet, dass der bei der Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff gebildete Wasserdampf der CO₂-Bindeeinrichtung zu deren Regeneration zuführbar ist. Diese Anordnung nutzt einen weiteren Vorteil der Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff, nämlich denjenigen, dass bei der Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff direkt Wasserdampf anfällt, welcher zur Regeneration des CO₂-Bindemittels erforderlich ist. Dies ermöglicht einen sehr einfachen Aufbau der Anlage und darüber hinaus einen hohen energetischen Wirkungsgrad.

[0010] Besonders bevorzugt ist das Unterseeboot mit einer Brennstoffzellenanlage ausgerüstet. Die beschriebene CO₂-Bindeeinrichtung mit dem beschriebenen Dampferzeuger eignet sich insbesondere zum Einsatz auf einem derartigen Unterseeboot. Auf Unterseebooten mit Brennstoffzellenanlagen stehen die beiden Reaktanden Sauerstoff und Wasserstoff ohnehin für den Betrieb der Brennstoffzelle zur Verfügung, so dass hier zum Betrieb des Dampferzeugers keine zusätzlichen Komponenten sondern lediglich eine geringfügige Erweiterung der Einrichtungen zur Speicherung von Wasserstoff und Sauerstoff erforderlich sind, da diese Stoffe ohnehin auf dem Unterseeboot vorhanden sind. Es ist auch möglich, den Wasserstoff aus fossilen Energieträgern durch Reformierung an Bord des Unterseebootes zu gewinnen.

[0011] Weiter bevorzugt ist in dem Dampferzeuger eine Verdampfeinrichtung vorgesehen, in welcher Wasser mittels der durch Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff erzeugten Wärme verdampft wird. Vorzugsweise ist hierzu eine Befeuchtereinrichtung vorgesehen, über welche definierte Wassermengen zugeführt und dann durch die bei der Verbrennung angefallene Wärme verdampft werden. Diese Verdampfeinrichtung kann entweder den gesamten zur Regeneration des CO₂-Bindemittels erforderlichen Wasserdampf bereitstellen oder aber zusätzlichen Wasserdampf zu dem bei der Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff anfallenden Wasserdampf bereitstellen.

[0012] Das CO₂-Bindemittel ist vorzugsweise ein Festamin bzw. ein festes Amin. Derartige Festamine (solid amine) zur CO₂-Absorption sind aus dem Bereich der Raumfahrt bekannt. Bei diesen Festaminen sind Amine an ein festes Substrat, beispielsweise an ein Copolymersubstrat gebunden. Zur CO₂-Bindung können verschiedene Amine, beispielsweise aus dem Bereich zwischen Mono-Ethanolamin und Tri-Ethanolamin Verwendung finden. Festamin weist hohe CO₂-Bindeeigenschaften auf, durch welche bei

getauchtem Unterseeboot der CO₂-Gehalt in der Atemluft auf einen gewünschten Sollwert gesenkt werden kann. Ferner lässt sich das Festamin durch Zuführen von Wasserdampf, welcher das CO₂ aus dem Festamin löst und austrägt, regenerieren.

[0013] Das mit Hilfe des Wasserdampfes aus dem CO₂-Bindemittel gelöste CO₂ kann auf verschiedene Weise gespeichert oder aus dem Unterseeboot nach außen abgeführt werden. Beispielsweise kann das CO₂ verdichtet und in Druckspeichern gespeichert werden und dann bei Überwasserfahrt wieder nach außen abgegeben werden. Ferner ist es auch möglich das CO₂ in Wasser gelöst in das umgebende Seewasser abzuleiten.

[0014] Stoffe, die CO₂ binden können, sind auch geeignet, andere säurebildende Gase zu binden. Für die regenerative CO₂-Bindeeinrichtung gilt also, dass an die Stelle von CO₂ ganz oder teilweise andere säurebildende Gase treten können. In einer vorteilhaften Ausführung kann das CO₂-Bindemittel durch zweckmäßige Beimischungen so modifiziert sein, dass zusätzlich vorbestimmte gasförmige Schadstoffe gebunden und abgeführt werden können, die nicht zu der Gruppe der säurebildenden Gase gehören.

[0015] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben. In diesen zeigt:

[0016] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) in einem Blockschaltbild die prinzipielle Funktion einer CO₂-Bindeeinrichtung gemäß der Erfindung und

[0017] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild eines Dampferzeugers für eine CO₂-Bindeeinrichtung gemäß der Erfindung.

[0018] [Fig. 1](#) zeigt die CO₂-Bindeeinrichtung des Unterseebootes in einer Betriebsphase und [Fig. 2](#) zeigt die CO₂-Bindeeinrichtung eines Unterseebootes in der Regenerationsphase. Die CO₂-Bindeeinrichtung weist einen Filter **2** auf, welcher ein CO₂-Bindemittel, beispielsweise ein Festamin enthält. In der in [Fig. 1](#) gezeigten Adsorptionsphase wird dem Filter **2** ein belasteter Luftstrom **4** zugeführt, welcher einen zu hohen CO₂-Anteil enthält. Das CO₂ wird in dem Filter **2** aufgenommen und in dem Festamin gebunden. Aus dem Filter **2** tritt dann ein gereinigter Luftstrom **6** aus, welcher dem Belüftungssystem des Unterseebootes wieder zugeführt und gegebenenfalls mit Sauerstoff angereichert werden kann. In dem gereinigten Luftstrom ist der CO₂-Gehalt unter einen gewünschten Grenzwert gesenkt worden.

[0019] Die Adsorption wie sie anhand von [Fig. 1](#) erläutert wurde, erfolgt solange, bis ein bestimmter Sättigungsgrad des Filters **2** erreicht ist. Dann folgt eine Regenerations- bzw. Desorptionsphase, welche in

Fig. 2 dargestellt ist. In dieser wird von einem Dampferzeuger **8** Wasserdampf **10** erzeugt, welcher in den Filter **2** bzw. durch den Filter **2** geleitet wird. Der Wasserdampf löst das im Filter **2** gebundene CO_2 , so dass aus dem Filter in der Desorptionsphase ein CO_2 -Strom **12** austritt, welcher beispielsweise einem Sammelsystem oder ähnlichem zugeführt und/oder aus dem Unterseeboot ausgeleitet werden kann.

[0020] Anhand vom **Fig. 3** wird nun der prinzipielle Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise des Dampferzeugers **8** erläutert. Wie oben beschrieben liegt der erfindungswesentliche Gedanke darin, die zum Erzeugen des Wasserdampfes erforderliche Wärmeenergie durch direkte Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff bereitzustellen. Dazu weist der Dampferzeuger **8** eine Brennkammer bzw. einen Brenner **14** auf, in welchem der Wasserstoff mit dem Sauerstoff verbrannt wird. Der dabei freiwerdende Wasserdampf **10** tritt dann aus dem Dampferzeuger **8** aus und wird dem Filter **2** zugeführt, um diesen zu regenerieren.

[0021] Dem Brenner **14** wird der Wasserstoff aus einem Wasserstoffspeicher über eine Wasserstoffleitung **16** und ein Wasserstoffregelventil **18** zugeführt. Der Sauerstoff wird entsprechend über eine Sauerstoffleitung **20** aus einem Sauerstofftank und über ein Sauerstoffregelventil **22** zugeführt. Dabei ist dem Brenner **14** eine Sicherheitseinrichtung **24** vorgeschaltet, durch welche Sauerstoff und Wasserstoff dem Brenner **14** zugeführt werden.

[0022] Darüber hinaus ist dem Brenner **14** nachgeschaltet eine Befeuchtungseinrichtung **26** angeordnet, über welche zusätzliches Wasser durch die von dem Brenner **14** erzeugte Wärme verdampft und dem Wasserdampfstrom **10** zugeführt werden kann. Der Befeuchtungseinrichtung **26** wird Wasser über eine optional angeordnete Pumpe **28** zugeführt. Dabei ist die Pumpe **28** über ein Wasserventil **30** mit einer Wasserleitung **32** zur Wasserzufuhr verbunden. Die Befeuchtungseinrichtung **26** mit den zugehörigen Komponenten ist optional vorgesehen.

[0023] Der gesamte Dampferzeugungsprozess wird von einer Steuereinrichtung **34** gesteuert bzw. geregelt. Dazu ist die Steuereinrichtung **34** über eine Sensorleitung **36** mit einem Sensor **38** verbunden, welcher in dem Wasserdampfstrom **10** gelegen ist und über welchen die Dampfmenge und/oder Temperatur erfasst wird. Darüber hinaus ist die Steuereinrichtung **34** über Steuerleitungen **40** mit den Ventilen **18**, **22**, **30** sowie der Pumpe **28** verbunden, um über diese die Wasser-, Sauerstoff- und/oder Wasserstoffzufuhr zu steuern bzw. zu regeln. Darüber hinaus ist die Steuereinrichtung **34** mit einer Zündeinrichtung **42** zum Zünden des Brenners verbunden.

[0024] Über die Steuereinrichtung **34** wird der Re-

generationsprozess und die Dampferzeugung gestartet. Hierzu werden die Wasserdampf- und Sauerstoffventile **18** und **22** geöffnet und erforderliche Wasserstoff- und Sauerstoffmengen dem Brenner **14** zugeführt, welcher über die Zündeinrichtung **42** gezündet wird. In Abhängigkeit der Signale des Sensors **38** wird dann der Wasserdampferzeugungsprozess durch Betätigung der Ventile geregelt. Die Sicherheitseinrichtung **24** stellt sicher, dass beim Erlöschen des Brenners **14** die Wasserstoff- und Sauerstoffzufuhr unterbrochen wird. Die Steuereinrichtung **34** kann über geeignete Schnittstellen mit weiteren Steuer- bzw. Regelungs- oder Automatisierungsanlagen des Unterseebootes verbunden sein, um z.B. zum gewünschten Zeitpunkt den Regenerationsprozess der CO_2 -Bindeeinrichtung starten zu können.

Bezugszeichenliste

2	Filter
4	belasteter Luftstrom
6	gereinigter Luftstrom
8	Dampferzeuger
10	Wasserdampf
12	CO_2 -Strom
14	Brenner
16	Wasserstoffleitung
18	Wasserstoffregelventil
20	Sauerstoffleitung
22	Sauerstoffregelventil
24	Sicherheitseinrichtung
26	Befeuchtungseinrichtung
28	Pumpe
30	Wasserventil
32	Wasserleitung
34	Steuereinrichtung
36	Sensorleitung
38	Sensor
40	Steuerleitungen
42	Zündeinrichtung

Patentansprüche

1. Unterseeboot mit einer CO_2 -Bindeeinrichtung (**2**) zum Binden des in der Luft im Inneren des Unterseebootes enthaltenen CO_2 , wobei die CO_2 -Bindeeinrichtung ein CO_2 -Bindemittel aufweist, welches mittels Wasserdampf regenerierbar ist, und einen Dampferzeuger (**8**) zum Erzeugen des Wasserdampfes aufweist, welcher zur Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff ausgebildet ist.

2. Unterseeboot nach Anspruch 1, bei welchem der Dampferzeuger (**8**) und die CO_2 -Bindeeinrichtung derart ausgebildet sind, dass der bei der Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff gebildete Wasserdampf der CO_2 -Bindeeinrichtung zu deren Regeneration zuführbar ist.

3. Unterseeboot nach Anspruch 1 oder 2, wel-

ches mit einer Brennstoffzellenanlage ausgerüstet ist.

4. Unterseeboot nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem in dem Dampferzeuger (8) eine Verdampfeinrichtung (26) vorgesehen ist, in welcher Wasser mittels der durch Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff erzeugten Wärme verdampft wird.

5. Unterseeboot nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem das CO₂-Bindemittel ein Festamin ist.

6. Unterseeboot nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem das Bindemittel so beschaffen ist, dass neben CO₂ weitere gasförmige Schadstoffe aus der Raumluft gebunden werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

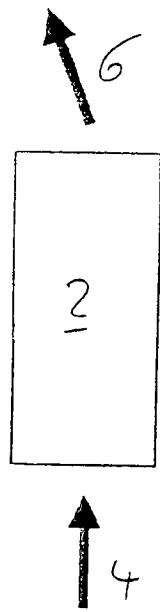


Fig. 1

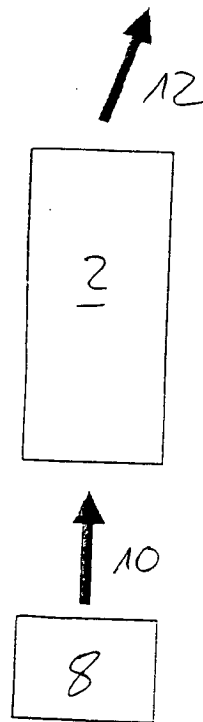


Fig. 2

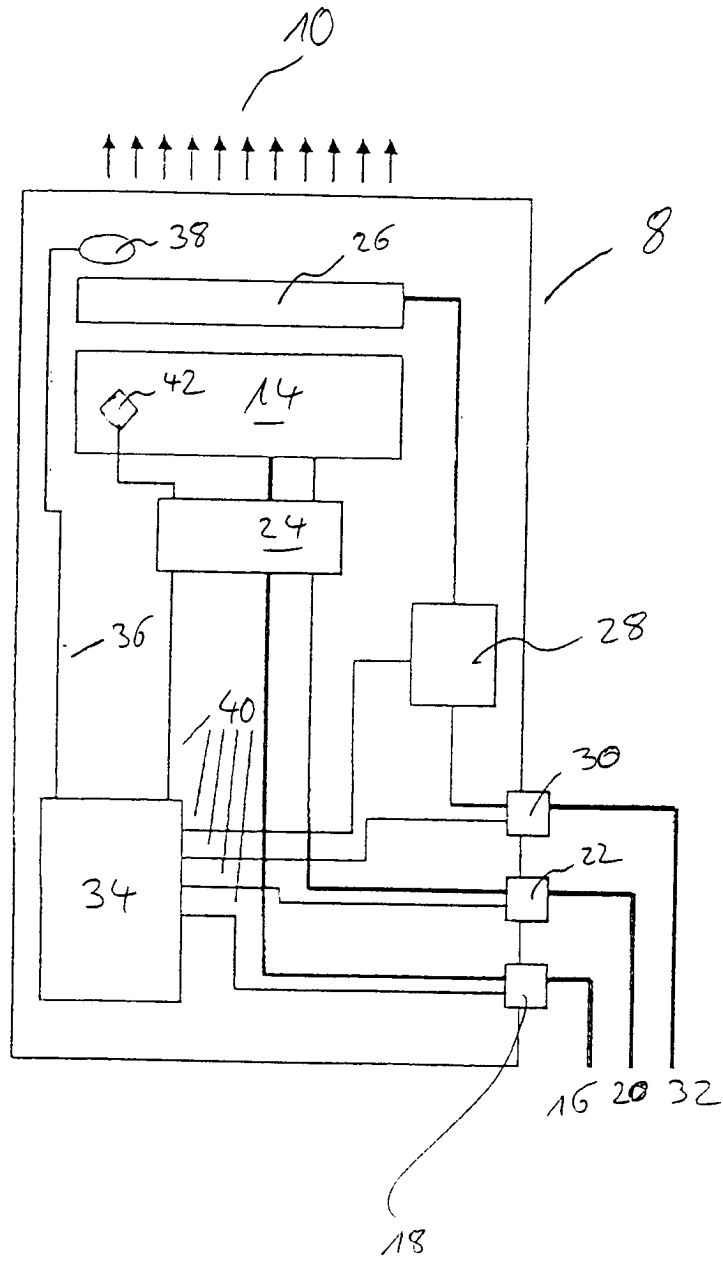


Fig. 3