



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 792 T2** 2005.03.17

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 951 450 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 792.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/19972**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 948 153.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/023539**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.11.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **04.06.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.10.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.03.2005**

(51) Int Cl.⁷: **C02F 1/74**
C02F 1/20

(30) Unionspriorität:

316050 **27.11.1996** **US**

921336 **29.08.1997** **US**

(73) Patentinhaber:

AHS, LLC, Norfolk, Va., US

(74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FI, FR, GB, GR, IT, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

Browning, Wilson J, Norfolk, VA 29510, US

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR BESEITIGUNG VON MIKROORGANISMEN IN SCHIFFSBALLASTWASSER**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Meine Erfindung betrifft im allgemeinen das Gebiet der Behandlung von Ballastwasser von Schiffen, das möglicherweise unerwünschte Organismen enthält, und insbesondere ein Verfahren zum Behandeln von Ballastwasser von Schiffen, um möglicherweise unerwünschte aerobe und/oder anaerobe Mikroorganismen im Wasser abzutöten, damit verhindert wird, daß diese von einem Küstenbereich zum anderen transportiert werden.

Grundvoraussetzungen und Vokabular

[0002] Hochseeschiffe können verschiedene, in ihrem Ballastwasser enthaltene Organismen von irgendeinem Hafen der Welt zu irgendeinem anderen Hafen der Welt transportieren. Makroorganismen können herausgefiltert werden, und die restlichen Mikroorganismen können aufgrund ihres verschiedenen Ursprungs von extrem unterschiedlicher Natur sein. Der Begriff koloniebildende Einheit (CFU) dient oft der Beschreibung irgendeines Mikroorganismus, der sich reproduziert. Wenn es nicht anders eingeschränkt ist, sollten folglich die Begriffe CFU und Mikroorganismen die gleiche Bedeutung haben. Die Mengen von gelöstem Sauerstoff im Ballastwasser eines Schiffs können bei meiner Erfindung eine Rolle spielen, und die Abkürzung DO dient zugleich dazu, diesen gelösten Sauerstoff zu bezeichnen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0003] Wenn die Ladung eines Schiffs in einem fremden Hafen gelöscht wird, dann werden die entstehenden leeren Laderäume des Schiffs oft mit örtlichem Wasser als Ballast gefüllt, um das Schiff zu stabilisieren. Wenn das Schiff in einem US-Hafen oder in einem anderen Beladungshafen ankommt, um die Schiffsladung auszutauschen, gibt es das ursprüngliche örtliche Ballastwasser, das nun zu einem fremden geworden ist, typischerweise in die Küstengewässer in oder in der Nähe des US-Hafens (oder eines anderen) ab, so daß nicht einheimische Organismen, einschließlich aeroben und anaeroben Mikroorganismen, eingebracht werden, die auf das Ökosystem der aufnehmenden Küstengewässer eine schädliche (oder zumindest unbekannte) Wirkung ausüben können.

[0004] Ein gegenwärtiger Vorschlag, um eine Lösung dieses Problems zu versuchen, besteht darin, die Schiffe aufzufordern, das ursprüngliche örtliche Ballastwasser inmitten des Ozeans oder auf hoher See durch salzhaltiges Meerwasser aus der offenen See zu ersetzen; besonders für große Frachtschiffe und Tanker ist jedoch ein solcher Austausch von Ballastwasser auf hoher See möglicherweise äußerst gefährlich, und es hat sich gezeigt, daß er nicht in jedem Fall zum vollständige Entfernen aller Mikroorganismen aus den Laderäumen des Schiffs führt.

[0005] Dieser Ballastaustausch inmitten des Ozeans ist gewöhnlich (jedoch nicht immer) sicher, wenn der Raum, in dem das Wasser ausgetauscht wird, klein genug ist, so daß es beim Wasserpumpprozeß, um diesen Austausch vorzunehmen, nicht zu einer gefährlichen Instabilität oder einem Zustand kommt, bei dem die Struktur Belastungen ausgesetzt wird; ein solcher Ballastaustausch ist jedoch gewöhnlich (jedoch nicht immer) sicher, wenn er mit spezialisierten Ballasttanks ausgeführt wird, da das Verhältnis zwischen dem Gewicht des betreffenden Wasser und dem Gesamtgewicht des Schiffs gering ist und da die Tragfähigkeit des Schiffs einen zeitweilig leeren "kleinen" spezialisierten Ballasttank ausgleichen kann.

[0006] Oft müssen jedoch große Frachträume oder große Ballasttanks mit Wasser gefüllt werden, so daß der Schwerpunkt des Schiffs während der Fahrt nach unten verlagert wird, wenn keine Fracht befördert wird. Unter diesen Bedingungen werden oft ein oder mehrere Frachträume oder Tanks mit Ballastwasser gefüllt. Da diese Frachträume oder Tanks ein sehr großes Volumen aufweisen, müssen sie entweder vollständig gefüllt oder vollständig geleert bleiben, so daß keine innere Wellenwirkung entsteht.

[0007] Wenn bei einem solchen großen Raum ein Ballastaustausch versucht wird und das Schiff inmitten des Pumpprozesses auf schwere See trifft, dann kann sich folglich im Inneren des Raums eine Wellenwirkung ausbilden, die das Schiff destabilisieren und einen sehr gefährlichen Zustand hervorrufen könnte. Das Kentern und Todesfälle sind zurückgeführt worden auf Schiffe in einer Situation, die beim Ballastaustausch auf unerwartete Bedingungen des Meeres trafen.

[0008] Wenn der Ballastaustausch nicht mit sehr großer Erfahrung vorgenommen wird, damit der Rumpf eines Schiffs im geeigneten Zustand und Gleichgewicht bleibt, übt er sogar bei gutem Wetter auch auf die innere Struktur des Schiffs eine Belastung aus, so daß die Struktur so geschädigt werden kann, daß es entweder sofort oder im Verlauf der Zeit zu einem Versagen der Struktur aufgrund einer Beschädigung kommen kann. Die Art einer solchen Belastung entspricht dem ständigen Hin- und Herbiegen des Stahldrahts einer Büroklammer, bis er bzw. sie zerbricht.

[0009] Daß das Problem des Ausspülens von nicht einheimischen Mikroorganismen aus dem Ballastwasser eines Schiffs ein schon lange bestehendes ist, das noch nicht befriedigend gelöst worden ist, ist ausreichend dokumentiert. Siehe z. B.: The Introduction of Nonindigenous Species to the Chesapeake Bay via Ballast Water, Chesapeake Bay Commission, 5. Januar 1995; BIMCO Weekly News, Nr. 8, 19. Februar 1997, The Baltic and International Maritime Counsel; "Push for Rules on Ballast Exchange Gains Support", The Journal of Commerce, 26. März 1996; "Stemming the Tide of Change", The Journal of Commerce, 24. Juni 1996; "Ballast Rules Ineffective for Pest Control in Lakes"; The Journal of Commerce, 24. Juni 1996 und "Governors Offer Grant to Fight Great Lakes Invaders", The Journal of Commerce, 26. Juli 1996.

[0010] Außerdem hat der US-Kongreß kürzlich dem "National Invasive Species Act of 1996" (P. L. 104–332) zugestimmt, der den US-Küstenschutz auffordert, innerhalb eines Jahres freiwillige nationale Richtlinien für das Ballastwasser herauszugeben.

[0011] Das US-Patent Nr. 5,192,451 offenbart ein Verfahren zum Regeln des Wachstums von Zebamuscheln in Ballastwasser von Schiffen, indem dem Ballastwasser ein Polymer zugesetzt wird; die Verwendung von Chemikalien zum Behandeln von Ballastwasser, das in Küstengewässer der USA abgegeben wird, kann jedoch einen nachteiligen Umwelteinfluß auf das Ökosystem ausüben.

[0012] Die US-Patente Nr. 5,376,282 und 5,578,116 offenbaren die Verwendung von Vakuum und Bewegung, um insbesondere den gelösten Sauerstoff einer natürlichen Wasserquelle auf einen Wert unter denjenigen zu verringern, der ausreicht, um die Atmung von Zebamuscheln für das Überleben zu unterstützen; es gibt jedoch keine Beschreibung der Behandlung von Ballastwasser von Schiffen, um das Wasser in einem Prozeß zu oxidieren und danach zu desoxidieren, die das allgemeine weltweite Problem des Transports von Mikroorganismen im Ballastwasser eines Schiffs von irgendeiner Küstenzone zu irgendeiner anderen einschließt.

[0013] Das US-Patent 3,676,983 offenbart eine Vorrichtung, die eine Vakuumkammer und einen Rührer aufweist, um Gase aus einer Flüssigkeit zu entfernen; das Problem der Behandlung von nicht einheimischen Mikroorganismen im Ballastwasser von Schiffen und das Entfernen von gelöstem Sauerstoff im Wasser bis zu einem Wert, bei dem aerobe Mikroorganismen abgetötet werden, wird jedoch nicht erkannt.

[0014] Das US-Patent 4,316,725 offenbart einige Verfahren, zu denen die Anwendung eines Vakuums gehört, um gelösten Sauerstoff aus Wasser zu entfernen.

[0015] Das US-Patent 3,251,357 offenbart das Einsprühen von Verbrennungsgasen/Abgasen in Wasser für die Behandlung des Wassers, um z. B. das Wachstum von Mikroorganismen zu hemmen; das lange bekannte Problem, wie anaerobe oder aerobe Mikroorganismen aus Ballastwasser von Schiffen entfernt werden könnten, wird jedoch nicht erkannt oder zumindest wird keine Lösung dafür angegeben.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0016] Die grundsätzliche und weitestgehende Aufgabe meiner Erfindung besteht folglich darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen Ballastwasser eines Schiffs auf kostengünstige und zeitsparende Weise behandelt wird, um die ursprüngliche Population von aeroben und/oder anaeroben Mikroorganismen im Ballastwasser eines Schiffs zu verringern und vorzugsweise nahezu alle dieser Mikroorganismen abzutöten.

[0017] Eine weitere Aufgabe meiner Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, das die Menge von gelöstem Sauerstoff im Ballastwasser eines Schiffs wirksam und kostengünstig bis zu einem Wert verringert, bei dem im wesentlichen alle aeroben Mikroorganismen abgetötet werden, so daß das behandelte Ballastwasser sicher in Küstengewässer abgegeben werden kann, selbst wenn es von einer ökologisch anderen Küstenzone stammt.

[0018] Mein verbessertes Verfahren und meine verbesserte Vorrichtung wenden kontrollierte Werte in bezug auf Bewegung, Vakuum und zur Verfügung stehende Erstickungszeiten an, um sicherzugehen, daß das Bal-

lastwasser im wesentlichen frei von nicht einheimischen Spezies ist (bis zu 99% frei, laut Labortests).

[0019] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, das Ballastwasser weiterzubehandeln, indem Verbrennungsgase/Abgase (oder ein Gas aus einer anderen Quelle), die Kohlenmonoxid (und andere reduzierende Gase) enthalten, durch das Ballastwasser geleitet werden, die durch eine chemische Reaktion weiteren gelösten Sauerstoff (DO) aus dem Ballastwasser entfernen. Dieser Schritt des Verfahrens kann das Behandlungsverfahren in einigen Fällen ergänzen oder in anderen darin integriert sein. Solche Gase unterstützen den Erfolg beim Entfernen von nicht einheimischen Spezies.

[0020] Der Grund ist, daß der Behandlungsschritt mittels Bewegen/Vakuum den größten Teil des DO aus dem Ballastwasser entfernt, und die kontinuierliche Kreislaufführung des Ballastwassers durch diesen Prozeß aus Bewegen/Vakuum sollte den Wert für DO asymptotisch auf nahezu Null verringern. Die Verbrennungsgase/Abgase verbinden sich jedoch mit dem DO, so daß Kohlendioxid erzeugt wird, und verringern folglich den DO noch schneller. Kürzere Zeiten für die Verringerung von DO führen dazu, daß kürzere Erstickungszeiten erforderlich sind, und die Verwendung von reduzierenden (Verbrennungs-) Gasen kann wesentlich sein, um einen akzeptablen niedrigen Wert von nicht einheimischen Spezies zu erreichen, wenn die Ballastfahrten kurz sind.

[0021] Eine weitere Aufgabe besteht darin, anaerobe Mikroorganismen abzutöten, indem das Ballastwasser hyperoxidiert wird, bevor es desoxidiert wird.

[0022] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, welches das Meerwasser so behandelt, daß die Mikroorganismen darin abgetötet werden – sowohl gleichzeitig mit dem Pumpen des Wassers an Bord als Ballastwasser in einen Laderaum oder Tank des Schiffs und/oder durch dessen Kreislaufführung aus dem Laderaum oder Tank zu dem (den) Behandlungstanks) und danach zurück in den Laderaum.

[0023] Das Volumen des behandelten, im Kreislauf geführten Wassers wird innerhalb eines ausreichend kurzen Zeitraums behandelt, damit während der restlichen Fahrt des Schiffs eine ausreichende Erstickungszeit bleibt, um zu dem Zeitpunkt, zu dem das Schiff im nächsten Beladungshafen ankommt, in dem das Ballastwasser wieder über Bord gepumpt wird, einen akzeptablen niedrigen Wert der Mikroorganismen zu erreichen.

[0024] Jede behandelte Wassercharge ist ausreichend gering, damit die Stabilität des Schiffs erhalten bleibt und keine deutliche Belastung der Struktur des Schiffs hervorgerufen wird. Durch eine kontinuierliche Kreislaufführung während des Erstickungszeitraums wird die Behandlung noch wirksamer.

[0025] Mein Verfahren zum Behandeln von Ballastwasser, um Mikroorganismen darin abzutöten, ist für die Verwendung auf Hochseeschiffen außergewöhnlich gut geeignet, bei denen für die Durchführung der Behandlung Stunden und Tage zur Verfügung stehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungsfiguren

[0026] Es zeigen:

[0027] **Fig. 1** eine schematische Draufsicht eines tatsächlichen Schiffs, bei dem meine Erfindung angewendet werden kann;

[0028] **Fig. 2** eine Seitenansicht des in **Fig. 1** gezeigten Schiffs;

[0029] **Fig. 3** ein Blockschema eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung und des Verfahrens;

[0030] **Fig. 4** eine schematische Darstellung einer anderen Einrichtung zum Bewegen für die Verwendung im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3**;

[0031] **Fig. 5** eine schematische Darstellung einer Einrichtung zum Belüften, die für die Verwendung in meiner Erfindung geeignet ist;

[0032] **Fig. 5A** eine schematische Darstellung einer Vakuumdesoxidationskammer, die für die Verwendung in meiner Erfindung geeignet ist;

[0033] **Fig. 6** eine schematische Darstellung einer bevorzugten Anordnung der Behandlungstanks auf Deck

eines Schiffs; und

[0034] Fig. 7, die Fig. 3 ähnlich ist, ein anderes Ausführungsbeispiel des Verfahrens und der Vorrichtung zum Behandeln von Ballastwasser.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0035] Fig. 1 und 2 zeigen ein tatsächliches Schiff, die "S/S Coastal Golden", ein in vielerlei Hinsicht typisches Schiff schematisch, bei dem meine Erfindung angewendet werden kann, um in dessen Laderäumen gespeichertes Ballastwasser zu behandeln. Der kleinste Frachtraum beträgt etwa 10760 m³, und sein größter Frachtraum beträgt etwa 19256 m³. All seine Frachträume sind ausreichend groß, um das Schiff zu destabilisieren, wenn im Frachtraum eine Wellenwirkung entsteht, außer wenn der Raum fast leer oder fast voll ist.

[0036] Ein solches Schiff kann sowohl Öl als auch Trockenfracht befördern. Die Frachträume sind von 1 bis 9 numeriert, wobei von vorn nach hinten gezählt wird. Dieses Schiff ist auch deshalb typisch, weil es in einem oder mehreren seiner Frachträume Ballastwasser befördern muß, damit es ohne Fracht Hochseefahrten sicher durchführen kann.

[0037] Fig. 3 ist ein Fließschema, das sowohl Ausführungsbeispiele des Verfahrens als auch der Vorrichtung zeigt. Ballastwasser, das zumindest aerobe Mikroorganismen enthält, wird mit einer Pumpe 22 aus einem Laderaum 20 durch ein Filtersystem 24 (zum Entfernen von Makroorganismen, die bis zur abschließenden Entsorgung in einen Aufnahmetank 25 gepumpt werden) in einen Mischtank 26 gepumpt, in dem Luft mittels einer Luftkompressorpumpe 28, die Luft aus einem Luftvorrat 30 durch einen Luftinjektor 32 bereitstellt, mit einem höherem Druck als dem Atmosphärendruck mit dem Wasserstrom gemischt wird.

[0038] Aus dem Mischtank 26 wird der mit Sauerstoff angereicherte Ballastwasserstrom in eine Unterdruckkammer bzw. Vakuumkammer 34 weitergepumpt, in der er mit einer internen Einrichtung 36 zum Bewegen für einen geeigneten Zeitraum bewegt wird. Die Vakuumkammer 34 weist über dem Wasserniveau einen ausreichenden Raum auf, so daß der aus dem Wasser freigesetzte gelöste Sauerstoff (DO) in diesen Raum abgegeben wird, aus dem er mit einer Vakuumpumpe 38 leicht entfernt und dann in die Atmosphäre 40 abgegeben wird. Die Vakuumpumpe hält über dem Wasser in der Kammer ein Vakuum aufrecht. ("Vakuum" steht hier für einen geringeren Druck als den Atmosphärendruck, jedoch höher als ein Druck von Null.)

[0039] Die Einrichtung 36 zum Bewegen kann durch ein System vom Überlauf-Typ 42 (Fig. 4) ersetzt werden, bei dem eine Reihe von senkrechten Platten so angeordnet ist, daß sie eine Linie von Platten bilden, die vom Zulauf 27 zum Ablauf 45 der Kammer 34 immer kürzer werden; ein solches System erzeugt eine Reihe von Wasserfällen, die das Wasser ausreichend bewegen, damit der gelöste Sauerstoff in das Vakuum abgegeben wird, das in der Kammer aufrechterhalten wird. Es ist jedes System zum Bewegen geeignet, das den DO freisetzt, um ihn mittels der Vakuumpumpe zu entfernen.

[0040] Nach dem Entfernen des DO aus dem Ballastwasser durch den Prozeß aus Bewegen/Vakuum, falls erforderlich durch das Einsprühen von reduzierenden Verbrennungsgasen verstärkt ($2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$), wird das Ballastwasser in den Frachtraum oder in einen Tank des Schiffsgepumpt, in dem es bleiben soll und der "wetterfest" oder luftdicht gemacht worden ist (und/oder sauerstoffinaktiv gehalten wird, indem in irgendeinen Raum, in den O₂ strömen könnte, Verbrennungs- oder andere Inertgase eingesprüht werden). Das Fehlen von ausreichend DO im Ballastwasser tötet dann mit der Zeit irgendwelche residenten aeroben Mikroorganismen ab, wobei dies von der Widerstandskraft jedes Mikroorganismus gegenüber dem Fehlen von ausreichend DO für die Atmung abhängt.

[0041] Eine typische transatlantische Ballastfahrt würde 10 bis 15 Tage dauern. Bei Labortests, die so gestaltet waren, daß sie eine Ballastfahrt von 10 Tagen angenähert wiedergeben, wobei der Behandlungszyklus aus Bewegen/Vakuum für 2 Tage erfolgte, so daß ein achttägiger Erstickungszeitraum zur Verfügung stand, haben meine Labortests eine Abtötungsrate von aeroben Mikroorganismen von 99% gezeigt. Durch Berechnungen wurde festgestellt, daß ein etwa zweiminütiger Behandlungszeitraum pro 37,9 m³ Wasserbad erforderlich waren, um in 2 Tagen einen 10000 t Frachtraum zu behandeln, der voll mit Ballastwasser war.

[0042] Somit wurde für den Test ein solcher zweiminütiger Behandlungszeitraum unter Bedingungen mit einem sehr geringen Vakuum, ohne Kreislaufführung während des Erstickungszeitraums und ohne Zuführung von reduzierenden Gasen gewählt. Das Verfahren kann gesteuert werden, indem der Druck und die Behandlungszeit geändert werden und Waschgase verwendet werden, um es den verschiedenen, auf der ganzen Welt

vorkommenden Mikroorganismen anzupassen, sowie auch die verfügbare Erstickungszeit angewendet wird, die aufgrund der gedachten Ballastfahrt zulässig ist.

[0043] Folglich habe ich das ökologische Ziel der wesentlichen Sterilisierung von Ballastwasser erreicht, ohne daß zu einem irgendeinen vorgegebenen Zeitpunkt so viel Ballastwasser entnommen wird, daß ein instabiler Zustand des Schiffs hervorgerufen wird. Tests zeigen, daß das Ballastwasser in der Vakuumkammer **34** nur etwa zwei Minuten bewegt werden muß, wobei sich nur etwa 0,033% des Volumen eines typischen Laderaums durch den in **Fig. 3** gezeigten geschlossenen Kreis bewegen.

[0044] Falls erwünscht, wird das desoxidierte Wasser aus der Vakuumkammer **34** einem weiteren Mischtank **43** zugeführt, wobei Verbrennungsabgase (die Kohlenmonoxid enthalten), die von den Abgasen der Schiffshauptmaschine **44** erzeugt werden, durch eine weitere Pumpe **46** in den Mischtank **43** gepumpt werden, aus dem das Wasser mittels einer Pumpe **48** gepumpt und in einem geschlossenen Kreis zum Ballastraum **20** zurückgeführt wird, womit der Behandlungszyklus abgeschlossen ist. Der Zyklus kann so oft wie erforderlich wiederholt werden, um aus dem Ballastraum ausreichend gelösten Sauerstoff zu entfernen, damit die gewünschte Menge (bis zu 99%) der aeroben Mikroorganismen im Ballastwasser abgetötet wird.

[0045] Die eingespritzte Luft (Sauerstoff) tötet die anaeroben Mikroorganismen im Mischtank **26** durch Hyperoxidation ab oder schwächt sie bis zu einer geringeren Reproduktionsrate ab, und das Entfernen von gelöstem Sauerstoff in der Kammer **34** tötet die aeroben Mikroorganismen ab (während die anaeroben im abgeschwächten Zustand bleiben). Falls erwünscht kann der Mischtank **26** mittels geeigneter Verbindungen **50** vom System getrennt werden, so daß nur Aerobier behandelt werden, in den meisten Fällen stellen die anaeroben Mikroorganismen nicht das hauptsächliche Problem dar. **Fig. 5** zeigt eine bevorzugte Form des Mischens, den Oxidationstank **26**, und **Fig. 5A** zeigt eine bevorzugte Form des Vakuums, die Desoxidationskammer **34**.

[0046] **Fig. 6** zeigt die Anwendung meiner Erfindung bei einem Laderaum (-räumen) und dem Süll (den Süllen) eines tatsächlichen Schiffs, und **Fig. 7** ist **Fig. 3** ähnlich und zeigt die Art und Weise schematisch, in der meine Erfindung ankommendes Ballastwasser behandeln kann, das entweder aus dem umgebenden Wasser, in dem das Schiff schwimmt, oder aus Ballastwasser stammt, das aus dem Laderaum abgezogen wurde; die Ventile V1 und V2 werden selektiv geöffnet und geschlossen, um diese zwei Verfahrensarten zu auszuführen.

[0047] Die erste Untersuchung meines Verfahrens erfolgte, indem ein Mitarbeiter zwei Wasserproben aus dem Elizabeth River entnahm und diese sofort an das Solutions Lab (nunmehr außer Betrieb) lieferte. Das Solutions Lab führte ein Verfahren durch, das mein Behandlungsverfahren, wie es bereits beschrieben wurde, in einem Test simulierte. Die Ergebnisse dieses Tests waren sehr ermutigend.

[0048] Da das Probenziehen und die Aktivitäten von Solutions Lab direkt unter meiner Kontrolle standen (und da Solutions Labs ein örtliches Labor war, das eine hervorragende professionelle Arbeit leistete, jedoch einen wenig anerkannten Namen hatte) übergab ich mein Verfahren zur genauen Untersuchung an das Applied Marine Research Laboratory der Old Dominion University (AMRL/ODU), um die Richtigkeit der Untersuchung des Solutions Lab nachzuweisen. Die Verfahren und Ergebnisse der Arbeit des Solutions Lab sind in der folgenden Beschreibung der Test des AMRL/ODU erläutert, da die Übereinstimmung zwischen diesen beiden Tests wesentlich war und sich die Verfahren nur leicht unterschieden.

[0049] AMRL/ODU führte eine Untersuchung durch, um die Wirksamkeit meines Verfahrens bei der Verringerung der Bakterienzahl in Ballastwasser zu bestimmen. Bei dem Verfahren der AMRL/ODU wurde dem Elizabeth River in Virginia eine Probe Umgebungswasser entnommen und als Ersatztestmedium für diese Untersuchung verwendet. Die Verfahrensparameter wurden unter Laborbedingungen ausgewertet, dabei wurde das Wasser jeweils für zwei Minuten bewegt und immer höheren Unterdruckwerten ausgesetzt.

[0050] Der Labormikrokosmos, der das Umgebungswasser aus dem Fluß enthielt, wurde drei Behandlungen ausgesetzt und dann bei einem 0, 2 und 8 Tage dauernden O₂-Mangel gehalten, bevor die Bakterienplatten beimpft wurden. Die Behandlungswerte wurden während dieses Einflußzeitraumes konstanten gehalten. Probeduplikate des Umgebungswasser des Flusses wurden am Tag 0, am Tag 2 und am Tag 8 geopfert und zum Impfen der Bakterienkulturplatten verwendet.

[0051] Der Inkubationszeitraum von 5 Tagen wurde anhand der Zeit bestimmt, die für das Auftreten einer ausreichenden Dichte von einer Bakterienkolonie formenden Einheiten (CFU) erforderlich ist, damit für eine realistische und repräsentative Anzahl gesorgt wird, die innerhalb eines weiten Bereichs von möglichen Reaktionen erzielt werden soll.

[0052] Die Wirksamkeit der Behandlungen wurde als Unterschied zwischen den anfänglichen Bedingungen am Tag 0 und den Bedingungen bei einem 2tägigen und 8tägigen Einfluß der drei Behandlungen angegeben. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden auch mit meiner ersten Untersuchung dieses Verfahrens verglichen. Aufgrund der begrenzten Anzahl von Platten (als Duplikate) für jede Behandlung und Kontrolle konnte zwischen den Behandlungen und den Kontrollen oder den anfänglichen Bedingungen kein statistischer Signifikanzwert bestimmt werden.

[0053] Diese Untersuchung der AMRL/ODU hat tatsächlich versucht, innerhalb der Gesamtheit dessen, was schließlich in der Beschreibung aller Elemente der Erfindung berücksichtigt wurde, die Wirksamkeit nur für den Teil meines Verfahrens zu bestimmen, bei dem ein ausreichender Bedarf nach experimenteller Absicherung in Betracht gezogen wurde.

[0054] Das Verfahren ist so gestaltet, daß in großen Mengen von Küstenwasser die Bakterienzahl bei geringen Kosten verringert wird, wobei eine "handelsübliche" Ausrüstung in einer exakten Konfiguration, so daß sie wirksam ist, verwendet wird. Dieses Wasser enthält sowohl aerobe als auch anaerobe Bakterien. Unter den Bedingungen, bei denen Sauerstoff vorhanden ist, stellen die aeroben Bakterien den sehr stark vorherrschenden Typ dar.

[0055] Einige anaerobe Bakterien können jedoch vorhanden sein und können während des Erstickungszeitraums in der geschaffenen Umgebung, die geringe bis sehr geringe Sauerstoffmengen enthält, eine Möglichkeit zur Anpassung und zum Gedeihen haben. Somit enthält mein Verfahren eine Möglichkeit, dieses Gedeihen zu minimieren, indem diese Anaerobier abgetötet oder geschwächt werden. Die geringe Wahrscheinlichkeit des Gedeihens von Anaerobiern und das inherente Problem des Messens kleiner Populationen von Anaerobiern verhinderte irgendeine quantitative Analyse zur Kontrolle der Anaerobierpopulation durch Einspritzen von Druckluft, die sie abtöten oder schwächen sollte.

[0056] Die Untersuchung der AMRL/ODU schuf für zwei Zeiträume unter bestimmten Bedingungen drei Umgebungen mit weniger gelöstem Sauerstoff. Die Ergebnisse erschienen (auf positive Weise) unerwartet und zeigten einen höheren Wirkungsgrad bei der Verminderung von aeroben Bakterien aus dem Elizabeth River, als es sowohl der Direktor als auch der stellvertretende Direktor der AMRL/ODU erwartet hatten, die beide Experten auf diesem Gebiet sind.

Materialien und Verfahren

Arbeitsplan für die Untersuchung der AMRL/ODU

[0057] Diese Untersuchung wurde so gestaltet, um die frühere Untersuchung zum "Nachweis des Prinzips" des Solutions Lab auszuwerten und die Wirksamkeit meines hier beschriebenen neuen Wasserbehandlungsverfahrens zu bestimmen. Bei dieser Untersuchung wurde ein strengeres Herangehen angewendet, um die Wirksamkeit des Verfahrens einzuschätzen. Da der Test der AMRL/ODU bei einem nicht gesetzlich geschützten Verfahren durchgeführt wurde, werden die drei Behandlungen in einem Bericht als Behandlungen TA, TB und TC mit zunehmenden Vakuumwerten, und zwar 2, 4 und 6 inch Hg, wie im früheren Test, aufgeführt.

[0058] Direkt vor Beginn der Untersuchung wurde eine Probe aus dem Elizabeth River entnommen. Ein Teil der Probe wurde als unbehandelte, unfiltrierte Kontrolle (CUF) beiseitegestellt. Das restliche Probenmaterial wurde mit einem 8 µm Filter filtriert. Eine zweite Kontrolle wurde der filtrierten Probe entnommen und als Filterkontrolle (CF) beiseitegestellt. Das restliche gefilterte Probenmaterial wurde auf drei aliquote Mengen für die Verwendung als Behandlungen TA, TB und TC aufgeteilt, wie es in den folgenden Tabellen 1, 2 und 3 gezeigt ist.

[0059] Bei diesen drei aliquoten Mengen wurden diese drei Behandlungen durchgeführt (Bewegen durch Verwirbeln und danach das Anlegen von 2, 4 und 6 inch (Hg) Vakuum für zwei Minuten). Die Kontrollen wurden weder bewegt noch einem Vakuum ausgesetzt. Alle Kolben wurden verschlossen und unter Laborbedingungen stehengelassen. Die Proben vom Tag 0 wurden für etwa 1 Stunde belassen, bevor sie verwendet wurden, um Platten für die Anzahl der Bakterienkolonien bildenden Einheiten (CFU) zu impfen.

[0060] Alle Behandlungen und Kontrollen wurden doppelt und in einer ausreichenden Anzahl hergestellt, um für Opferreihen zu sorgen. Das heißt, für jede Behandlung oder Kontrolle wurden zwei Kolben für die Impfungen zu Beginn der Untersuchung (Tag 0), zwei Kolben für die Impfung am Ende der beiden Tage (Tag 2) und zwei Kolben für die Impfung am Ende der acht Tage (Tag 8) vorbereitet. Die Kolbenduplikate wurden am Tag

0 für jede Behandlung und jede Kontrolle vorbereitet, und die Ergebnisse dienten der Auswertung des unmittelbaren Effektes der Behandlung sowie auch der Festsetzung der anfänglichen Bedingungen.

[0061] Für jedes Behandlungs- und Kontrollduplikat wurde eine serielle Verdünnung von jeweils 4 Verdünnungsbereichen verwendet, um die Bakterienplatten zu impfen. Die Bakterienzahl CFU basierte auf dem Gesamtdurchschnitt von zwei Platten in dem Verdünnungsbereich, der die realistischeren Anzahlen liefert.

Auffangen und Filtern von Wasser aus dem Elizabeth River

[0062] Das Wasser wurde am Ende vom Kai bei NAUTICUS in der Innenstadt von Norfolk, Virginia entnommen. Es wurde am 14. Januar 1997 etwa um 14.30 Uhr entnommen. Ein Eimer mit einem befestigten Seil wurde in das Wasser gelassen, um die Probe zu entnehmen. Der die Probe entnehmende Eimer wurde mit einer großen Flaschenbürste und verdünnter Liquinox®-Seife gewaschen.

[0063] Er wurde gründlich mit Leitungswasser und danach neunmal mit frischem hochreinem Wasser gespült. Vor dem Probenziehen wurde er dreimal mit unfiltriertem Wasser aus dem Elizabeth River gespült. Dieses Wasser wurde in einen 20 l Glasballon gegossen, der in Aluminiumfolie gewickelt war, um die Probe vor direktem Sonnenlicht zu schützen.

[0064] Die Glasballons wurden mit einer großen Flaschenbürste und verdünnter Liquinox®-Seife gewaschen. Danach wurden sie mit Leitungswasser gespült, danach zweimal 4 n HCl gespült und dann neunmal mit frischem hochreinem Wasser. Vor dem Einführen des filtrierten oder unfiltrierten Wassers aus dem Elizabeth River wurden sie dreimal mit dem Wasser aus dem Elizabeth River gespült, das sie enthalten sollten. Es wurden etwa 19 l Meerwasser gesammelt, womit für einen Kopfraum von etwa 1 l im Glasballon gesorgt wurde. Die gesamte Wasserprobe wurde sofort zum Water Quality Laboratory in NAUTICUS transportiert.

[0065] Im Labor wurden die Deckenlichter abgeschaltet, so daß bei der Filtration nur die Notlichter brannten. Für das Filtern des Meerwassers wurde aschefreies 8 µm Filterpapier Whitman® 40 verwendet.

[0066] Die Scheren bzw. Zangen wurden mit einer Bürste und verdünnter Liquinox®-Seife gewaschen. Sie wurden mit Leitungswasser, neunmal mit frischem hochreinem Wasser und danach dreimal mit unfiltriertem Wasser aus dem Elizabeth River gespült.

[0067] Das Wasser aus dem Elizabeth River im 20 l Glasballon wurde durch Umdrehen gemischt, und danach wurden etwa 3 l in einen 5 l Glasballon gegossen, der in Aluminiumfolie eingepackt war. Etwas Wasser im 5 l Glasballon diente dazu, die Laborausrüstung zu spülen, die mit unfiltriertem Meerwasser gespült werden mußte (Scheren, die Filtration zu den und die Meßzylinder). Teilproben des unfiltrierten Meerwassers aus dem 20 l Glasballon wurden für die Filtration in Meßzylinder gegossen.

[0068] Die Filtersäulen, die Meßzylinder und die Kolben wurden mit einer großen Flaschenbürste und verdünnter Liquinox®-Seife gewaschen. Alle Gegenstände wurden gründlich mit Leitungswasser, danach zweimal mit 4 n HCl und dann mit frischem hochreinem Wasser gespült. Die Filtersäulen und die Meßzylinder wurden dreimal mit unfiltriertem Meerwasser gespült, und die Filterkolben wurden dreimal mit dem filtrierten Meerwasser gespült.

[0069] Das Wasser aus dem Elizabeth River wurde bei einem Vakuumdruck von ≤ 381 mm Hg in 2 l Vakuumfiltrationskolben aus Glas filtriert. Etwa 10 l filtriertes Meerwasser wurden in einen 20 l Glasballon gegeben, der in Aluminiumfolie eingepackt war. Die Filtration war am 14. Januar 1997 zwischen 15 und 16.30 Uhr beendet. Die Wasserproben aus dem Elizabeth River wurden dann vom Water Quality Laboratory in NAUTICUS zum Applied Marine Research Laboratory transportiert.

[0070] Das AMRL Aquatic Toxicology Laboratory erhielt die filtrierten und unfiltrierten Wasserproben vom Elizabeth River und hielt sie bei der Labortemperatur (19 bis 21°C), wobei sie vor dem direkten Einfluß von Umgebungslicht geschützt wurden. Es wurden fünf Behandlungen vorbereitet: Unfiltrierte Kontrolle (CUF); filtrierte Kontrolle (CF); und die filtrierten Behandlungen A (TA), B (TB) und C (TC). Die 260 ml Erlenmeyerkolben, entweder mit Baumwollstopfen oder Gummistopfen, die in dieser Untersuchung als Mikrokosmosgefäße verwendet wurden, wurden vor Beginn des Tests einer Autoklavenbehandlung unterzogen.

[0071] Dann wurden die Kolben mit 200 ml eines geeigneten Anteils des Wassers aus dem Elizabeth River, filtriert oder unfiltriert, gefüllt. Beide Kontrollbehandlungskolben wurden mit steriler Baumwolle als Stopfen ver-

schlossen und konnten beim Umgebungsluftdruck im Gleichgewicht bleiben. Die Behandlungskolben wurden mit Gummistopfen mit einem Loch versehen, durch die ein Glasrohr ging, das mit einem Tygon-Schlauch verbunden war, der mit einer Schlauchklemme versehen war.

[0072] Bei den Mikrokosmen (250 ml Kolben), die Wasser aus dem Elizabeth River enthielten, wurden die drei Behandlungswerte (d. h. zwei Minuten Bewegung bei entsprechenden Vakuumwerten von 50,8, 101,6 und 152,4 mm Hg) angewendet, und die Kolben wurden gegenüber der Umgebungsluft abgedichtet. Die Einleitungszeit für jede Wiederholung wurde aufgezeichnet und als die Zeit definiert, zu der die Wiederholung den geeigneten Behandlungswert erreichte.

[0073] Alle Kontroll- und Behandlungskolben wurden für die Dauer der Behandlungsintervalle in einer Dunkelkammer aufbewahrt. Die Duplikate der geeigneten Proben wurden in zeitlicher Reihenfolge dem Bakteriologen zur Verfügung gestellt; 1 Stunde nach der Einleitung, nach 2 Tagen und 8 Tagen der Einwirkung der Behandlung.

Mikrokosmen und Plattenzahlen

[0074] Von den Mikrokosmen wurden innerhalb von 1 Stunden nach ihrem Transport in das bakteriologische Labor Proben gezogen. Dort wurden Reihen mit einer 3-fachen dezimalen Verdünnung hergestellt, wobei aus jedem Mikrokosmos eine 1 ml Probe und eine sterile NaCl-Lösung (15 psu) verwendet wurden. Teilproben (100 µl) aus jedem Verdünnungsröhrchen sowie auch aus dem Mikrokosmos selbst wurden auf Petrischalen verteilt, die Marine Agar 2216 (Difco) enthielten. Die Platten wurden für fünf Tage bei Raumtemperatur (19°C) inkubiert, zu diesem Zeitpunkt wurden die koloniebildenden Einheiten (CFU) mit Hilfe einer Lichttabelle und einer Vergrößerungslinse gezählt.

Ergebnisse

[0075] Zu Beginn des Versuchs war in allen Behandlungen und Kontrollen ungefähr die gleiche Anzahl von Bakterien, die gezüchtet werden konnten (Tabelle 1). Nach Anwendung der beschriebenen Behandlung und eines 48stündigen Erstickungszeitraums hatte die Anzahl der Bakterien, die gezüchtet werden konnte, etwa mit einem Faktor **10** abgenommen, und es gab einen deutlicheren Unterschied innerhalb der und unter den Behandlungen im Vergleich zu vorher. Am Tag 8 unterschieden sich die Kontrollen und die Behandlungen deutlich. Die Abnahme der Bakterien, die gezüchtet werden konnten, setzte sich bei den Behandlungen TA, TB und TC fort, in den Kontrollen nahmen die Anzahlen jedoch um 2 bis 3 Größenordnungen zu.

Tabelle 1

Anzahl der Bakterienkolonien bildenden Einheiten (CFU) pro ml aus der gegenwärtigen Untersuchung von den Kontrollen und Behandlungen am Tag 0, am Tag 2 und am Tag 8 (es sind Duplikat-Ergebnisse aufgeführt). CUF = Kontrolle, unfiltriert; CF = Kontrolle filtriert; TA bis TC von den am wenigsten bis zu den am stärksten aggressiven Behandlungen

| | CUF | CF | TA | TB | TC |
|-------|---------|--------|-------|-------|-------|
| Tag 0 | 29000 | 31000 | 44700 | 30600 | 31300 |
| Tag 1 | 20000 | 32700 | 39800 | 28400 | 31600 |
| Tag 2 | 1540 | 4370 | 1680 | 2640 | 2580 |
| Tag 2 | 2110 | 2880 | 3840 | 1640 | 2590 |
| Tag 8 | 1064000 | 692000 | 229 | 515 | 865 |
| Tag 8 | 4640000 | 480000 | 445 | 523 | 436 |

TA: 2 min, Vakuum 50,8 mm Hg

TB: 2 min, Vakuum 101,6 mm Hg

TC: 2 min, Vakuum 152,4 mm Hg

Erläuterung

[0076] Die Ergebnisse der früheren Untersuchung im Solutions Lab haben deutlich nahegelegt, daß die Behandlung aus Vakuum/Bewegen unter den Testbedingungen eine Verringerung der Populationen der CFU bewirkte. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 2 im Vergleich mit den Ergebnissen der Untersuchung der AMRL/ODU aufgeführt. Zu Unterschieden zwischen den beiden Untersuchungen gehören:

- 1) die Untersuchung der AMRL/ODU verwendete Duplikate jeder Behandlung für jeden Tag in einer Opferreihe, so daß die Möglichkeit der Querkontamination der Mikroorganismen abnimmt;
- 2) die Wasserquelle für die Untersuchung im Solutions Lab enthielt zu Beginn der Untersuchung anscheinend eine höhere Konzentration an lebensfähigen Bakterien;
- 3) die Proben für die Untersuchung der AMRL/ODU wurden durch Schütteln mit der Hand bewegt und dann zwei Minuten dem relevanten Vakuum ausgesetzt, während die in der Untersuchung im Solutions Lab während der ganzen zwei Minuten, während denen das relevante Vakuum angewendet wurde, kräftig mit der Hand geschüttelt wurden;
- 4) die Untersuchung der AMRL/ODU verwendete eine Reihe mit 3-facher Verdünnung, um eine Prüfung der Reaktionen innerhalb eines größeren Bereichs der CFU zu ermöglichen; und
- 5) die Proben wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten entnommen.

Tabelle 2

Anzahl der Bakterienkolonien bildenden Einheiten (CFU) pro ml von den Kontrollen und Behandlungen am Tag 0, am Tag 2 und am Tag 8 von einer früheren Untersuchung; CUF = Kontrolle, unfiltriert; CF = Kontrolle, filtriert; TA bis TC von den am wenigsten bis zu den am stärksten aggressiven Behandlungen

| | CUF | CF | TA | TB | TC |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tag 0 | 250000 | 250000 | 250000 | 250000 | 250000 |
| Tag 2 | 225000 | 150000 | 120000 | 100000 | 75000 |
| Tag 8 | 150000 | 100000 | 80000 | 20000 | < 2000 |

[0077] Die Werte aus der Untersuchung vom Solutions Lab (Tabelle 2) legen eine zunehmende Wirksamkeit mit zunehmenden Behandlungswerten nahe. Wenn diese Werte als Prozentsatz der Verringerung vom ursprünglichen Zustand angegeben werden (Tabelle 3), läßt sich eine Regel erkennen.

Tabelle 3

Die Ergebnisse der Untersuchung der AMRL/ODU werden mit der Untersuchung vom Solutions Lab verglichen, als Prozentsatz der Verringerung der koloniebildenden Einheiten (CFU/ml) von den ursprünglichen Bedingungen (CFU/ml am Tag 0) angegeben

| Untersuchung des Solutions Lab | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|-------------------|
| | CFU | CF | 50,8 mm Hg TA | 101,6 mm Hg TB | 152,4 mm Hg TC |
| Tag 2 | 10 % | 40 % | 52 % | 60 % | 70 % |
| Tag 8 | 40 % | 60 % | 68 % | 92 % | 99 % |
| Untersuchung der AMRL/ODU | | | | | |
| | CFU | CF | TA | TB | TC |
| Tag 2 | 94 % | 89 % | 91 % | 93 % | 92 % |
| Tag 8 | *) | *) | 99 % | 98 % | 98 % |

*) Die Ergebnisse zeigten einen unerwarteten Rückschlag bei der Bakterienpopulation bis zum 89-Fachen der ursprünglichen CFU/ml für die unfiltrierte Kontrolle und bis zum 18-Fachen des ursprünglichen Zustands für die filtrierten Kontrollen.

[0078] Die Verringerung der CFU überstieg bei allen behandelten Proben jeweils die der Kontrollen, sowohl filtriert als auch unfiltriert. Das legt nahe, daß das Filtrieren hilfreich jedoch nicht definitiv ist. Die Behandlungen aus Vakuum/Bewegen mit einem geeigneten Erstickungszeitraum, was ein wesentliches Merkmal meiner Erfindung darstellt, führte zu deutlichen Verringerungen der Anzahlen der CFU. Schwankungen bei diesen Verringerungen waren bei einer Verlängerung der Erstickungszeiten, die für den ersten Test gewählt wurden, deutlicher als bei den gewählten Vakuumwerten.

[0079] Meine Erfindung schlägt keine Grenze für die Vakuumwerte vor, und Werte oberhalb der für diese ersten Tests gewählten können eine deutlichere Wirkung innerhalb einer kürzeren Erstickungszeit zeigen. Diese Tests zeigen einen deutlichen positiven Zusammenhang zwischen der Verringerung der CFU und entweder einer höheren Aktivität beim Vakuum/Bewegen oder den Erstickungszeiten oder beiden.

[0080] Am Ende vom Tag 8 zeigte alle drei Behandlungen der Untersuchung der AMRL/ODU eine Verringerung der CFU von etwa 98% vom ursprünglichen Zustand. Die Ergebnisse der Untersuchung des AMRL wurden als "bemerkenswert" bezeichnet, da sie bei der erzielten Verringerung sehr genau mit den Ergebnissen der Behandlung TC (2 Minuten/6 inch Hg) in der früheren Untersuchung übereinstimmten.

[0081] Bei der Untersuchung der AMRL/ODU wurden die Behandlungsbedingungen innerhalb der Einwirkungsdauer konstant gehalten, während es bei der früheren Untersuchung unklar ist, ob die Behandlungsbedingungen während des gleichen Zeitraums konstant gehalten wurden. Es sollte darauf hingewiesen werden, daß bei einem Vergleich der Anzahlen am Tag 8 mit den Ergebnissen der filtrierten und unfiltrierten Kontrollen am Tag 8 die Behandlung eine Wirksamkeit von mehr als 99% zeigen würde.

Schlußfolgerungen aus der Untersuchungen

[0082] Das Verfahren, das in den durchgeführten Untersuchungen mit drei Werten für Vakuum/Bewegen angewendet wurde, zeigte, daß diese Technik bei der Verringerung von natürlichen Populationen von CFU bei Proben wirksam war, die dem Elizabeth River, Virginia entnommen worden waren. Die verschiedenen Werte zeigten eine unterschiedliche Empfindlichkeit auf die Werte von Vakuum/Bewegen und auf die verschiedenen Erstickungszeiten. Beide Untersuchungen zeigten eine zunehmende Verringerung der CFU als einen positiven Zusammenhang mit höheren Vakuumwerten in der Stufe von Vakuum/Bewegen und längeren Erstickungszeiten.

[0083] Längere Zeiträume in der Vakuumkammer und höhere Werte von Vakuum und/oder Bewegung, die der Behandlung mit Vakuum/Bewegen inherent sind, stehen wahrscheinlich jeweils in einem positiven Zusammenhang. Beide Untersuchungen erfolgten ohne irgendeine Einmischung meinerseits in die akademische Integrität der AMRL/ODU oder irgendeine Einmischung in die kommerzielle Integrität des Solutions Lab und/oder die einzelne Durchführung der Tests.

[0084] Die Untersuchung der AMRL/ODU bestätigt die Ergebnisse der Untersuchung des Solutions Lab, bei der der Höchstwert der Wirksamkeit beim Höchstwert von Vakuum/Bewegen etwa 99% betrug. Dieser Wert der Wirksamkeit ist überraschend und wurde von den Forschern der AMRL/ODU (Direktor und stellvertretender Direktor des AMRL) nicht erwartet.

[0085] Der offensichtliche Rückschlag bei den Bakterienpopulationen, der bei der Untersuchung des AMRL bei der filtrierten und der unfiltrierten Kontrolle zwischen dem Tag 2 und dem Tag 8 beobachtet wurde, war für die Forscher unerwartet, ist jedoch für den Nachweis der Wirksamkeit meiner Erfindung signifikant. Wenn ein Vergleich zwischen den behandelten Proben vom Tag 8 und den Kontrollen vom Tag 8 vorgenommen wird, beträgt die Wirksamkeit meines Verfahrens mehr als 99%.

[0086] Der Rückschlag (Zunahme der Population der CFU), der bei den filtrierten und unfiltrierten Kontrollen ersichtlich ist, zeigt deutlich, daß mein Verfahren eine signifikante zerstörende Wirkung auf die Populationen von CFU ausübt, die in einer Wasserprobe aus dem Elizabeth River vorkommen, selbst wenn bei den Kontrollen ein massiver Rückschlag auftritt. Es ist nicht bekannt, ob dieser Rückschlag in allen Fällen auftreten würde, bei denen weltweit umgebendes oder natürliches Wasser entnommen wird; der Rückschlag bei dem im Test der AMRL/ODU verwendeten Wasser aus dem Elizabeth River dient dem Nachweis, daß meine Erfindung ausreichend wirksam ist, um eine hohe Abtötungsrate von Mikroorganismen zu erzielen, selbst wenn sie sich in einer Umgebung befinden, die einer schnellen Reproduktion förderlich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Behandeln von Ballastwasser in einem Raum, der einen Aufnahme- oder Ballasttank eines Schiffs bildet, um die ursprüngliche Population von Mikroorganismen im Ballastwasser zu verringern, wobei diese Mikroorganismen aerobe Mikroorganismen einschließen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Desoxidieren des die aeroben Mikroorganismen enthaltenden Ballastwassers, indem das Ballastwasser unter Vakuum für einen ersten Zeitraum bewegt wird, wobei der Desoxidationsschritt gelösten Sauerstoff aus dem Ballastwasser entfernt, und
 - Verschließen des das behandelte Ballastwasser enthaltenden Raums nach dem Desoxidationsschritt für einen zweiten Zeitraum, bis der Prozentsatz der ursprünglichen Population, der abgetötet worden ist, mindestens 50% beträgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zweite Zeitraum etwa 2 Tage beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner einen Schritt aufweist, bei dem der Raum verschlossen wird, bis der Prozentsatz der ursprünglichen Population, der abgetötet worden ist, mindestens 90% beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zweite Zeitraum etwa 8 Tage beträgt und wobei der Prozentsatz mindestens 97% beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Prozentsatz mehr als 99% beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der erste Zeitraum etwa 2 Minuten beträgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5, das ferner nach dem Desoxidationsschritt einen Schritt aufweist, bei dem ein reduzierendes Gas in das Ballastwasser eingeführt wird, um den Prozentsatz der Population, der abgetötet wird, weiter zu erhöhen.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das reduzierende Gas aus Verbrennungsabgasen besteht.
9. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Mikroorganismen auch anaerobe Mikroorganismen einschließen, wobei das Verfahren vor dem Desoxidationsschritt ferner einen Schritt aufweist, bei dem das die anaeroben Mikroorganismen enthaltende Ballastwasser oxidiert wird, so daß die anaeroben Mikroorganismen abgetötet oder soweit geschwächt werden, daß ihre Reproduktionsrate selbst während des zweiten Zeitraums, wenn sich die anaeroben Mikroorganismen in einer anaeroben Umgebung befinden, wesentlich vermindert ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Desoxidationsschritt und der Oxidationsschritt jeweils eine Dauer in der Größenordnung von Sekunden und Minuten aufweisen und wobei der zweite Zeitraum eine Dauer in der Größenordnung von Tagen aufweist.
11. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner einen Schritt aufweist, bei dem der Prozentsatz am Ende des zweiten Zeitraums gemessen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 3, das ferner die folgenden Schritte aufweist: Pumpen des Ballastwassers aus dem Raum vor dem Desoxidationsschritt und Rückführen des Ballastwassers in den Raum nach dem Desoxidationsschritt.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Rückführens vor dem Schritt des Verschließens durchgeführt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Rückführens nach dem Schritt des Verschließens durchgeführt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 3,
 - das ferner die folgenden Schritte aufweist:
 - Pumpen des Ballastwassers aus dem Raum vor dem Desoxidationsschritt,
 - Pumpen des Wassers in einen Behandlungstank,
 - anschließendes Aussetzen des Ballastwassers im Behandlungstank dem Schritt des Bewegens und dem Vakuum,

- anschließendes Pumpen des behandelten Ballastwassers zurück in den Raum für den zweiten Zeitraum und
- anschließendes Bestimmen des Prozentsatzes der Population, der abgetötet worden ist.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Vakuum über dem bewegten Ballastwasser 50,8 bis 152,4 mm Hg beträgt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Vakuum über dem bewegten Ballastwasser 50,8 bis 101,6 mm Hg beträgt.

18. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Verschließens den Raum zumindest wasserdicht macht.

19. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Abdecken einer freiliegenden Oberfläche des behandelten Ballastwassers mit einer Barriere aufweist, die für Sauerstoff O₂ im wesentlichen undurchlässig ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die Barriere eine Gasabdeckung mit einem Gehalt an Sauerstoff O₂ von 10 Vol.-% oder weniger ist, so daß die erneute Oxidation des behandelten Ballastwassers verhindert wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Gas Abgas von einem Verbrennungsmotor ist.

22. Verfahren nach Anspruch 1 zum Behandeln von Ballastwasser, wenn es aus dem umgebenden Wasser längsseits des Schiffs in den Aufnahme- oder Ballasttank des Schiffs gepumpt wird, wobei das Verfahren ferner den Schritt aufweist: Pumpen des Wassers, um darin eine Turbulenz zu erzeugen, die die Bewegung des Ballastwassers hervorruft.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG.1

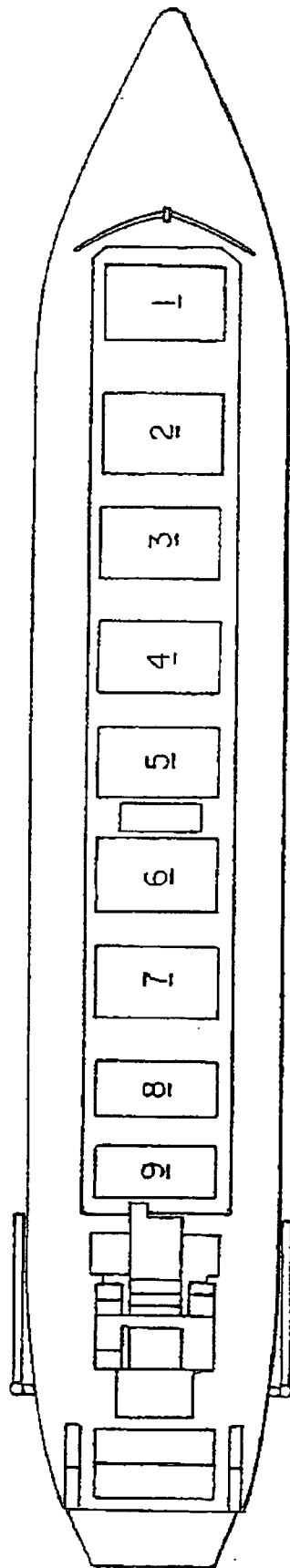
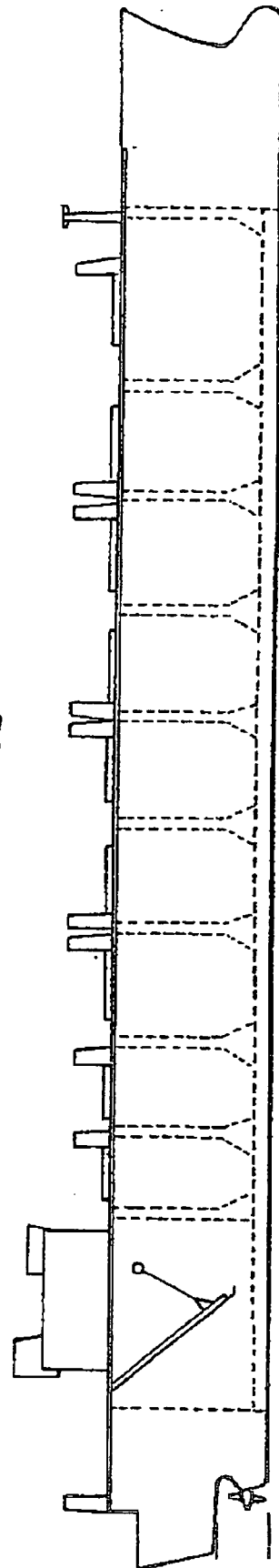


FIG.2



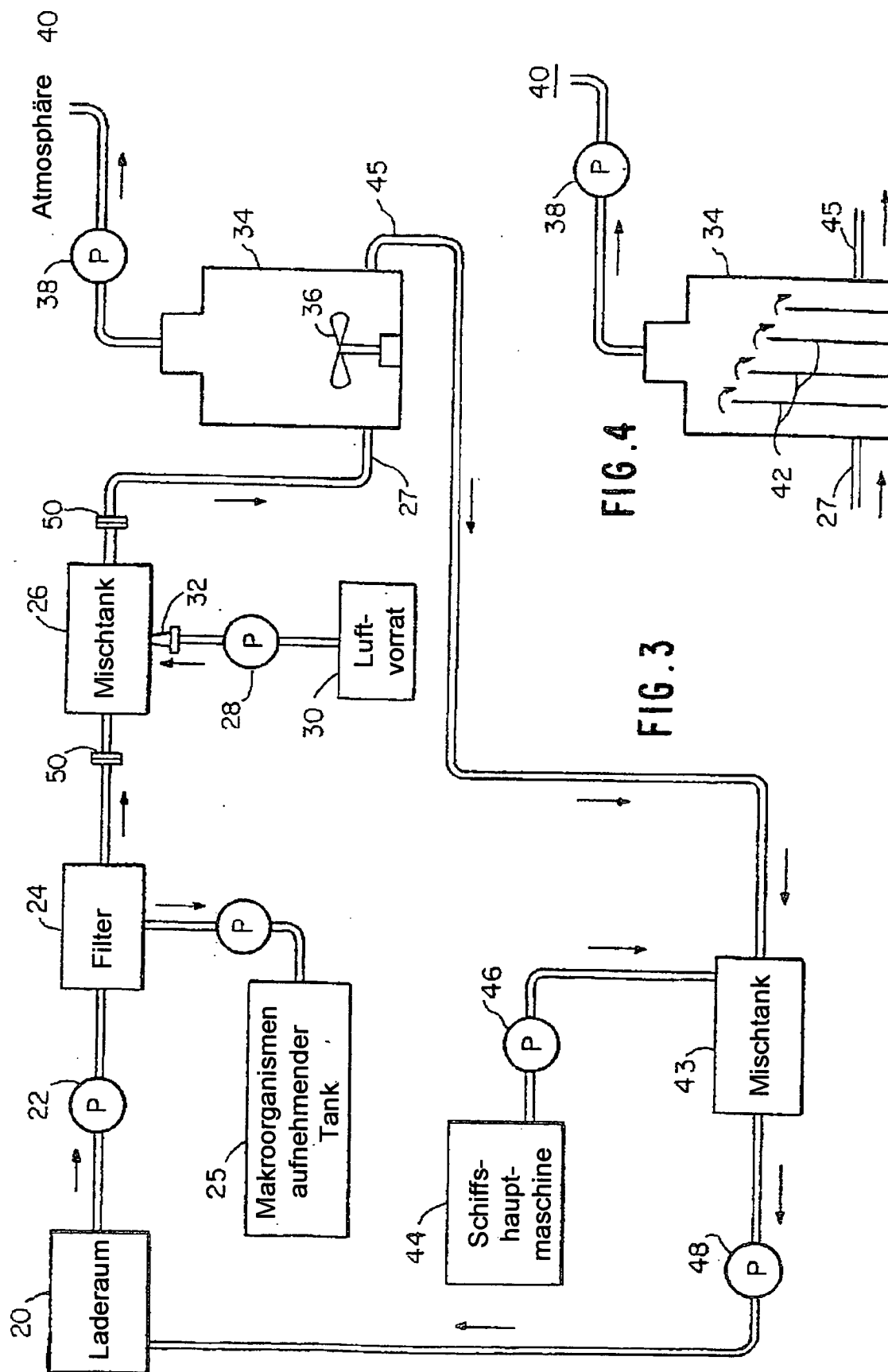


FIG. 5

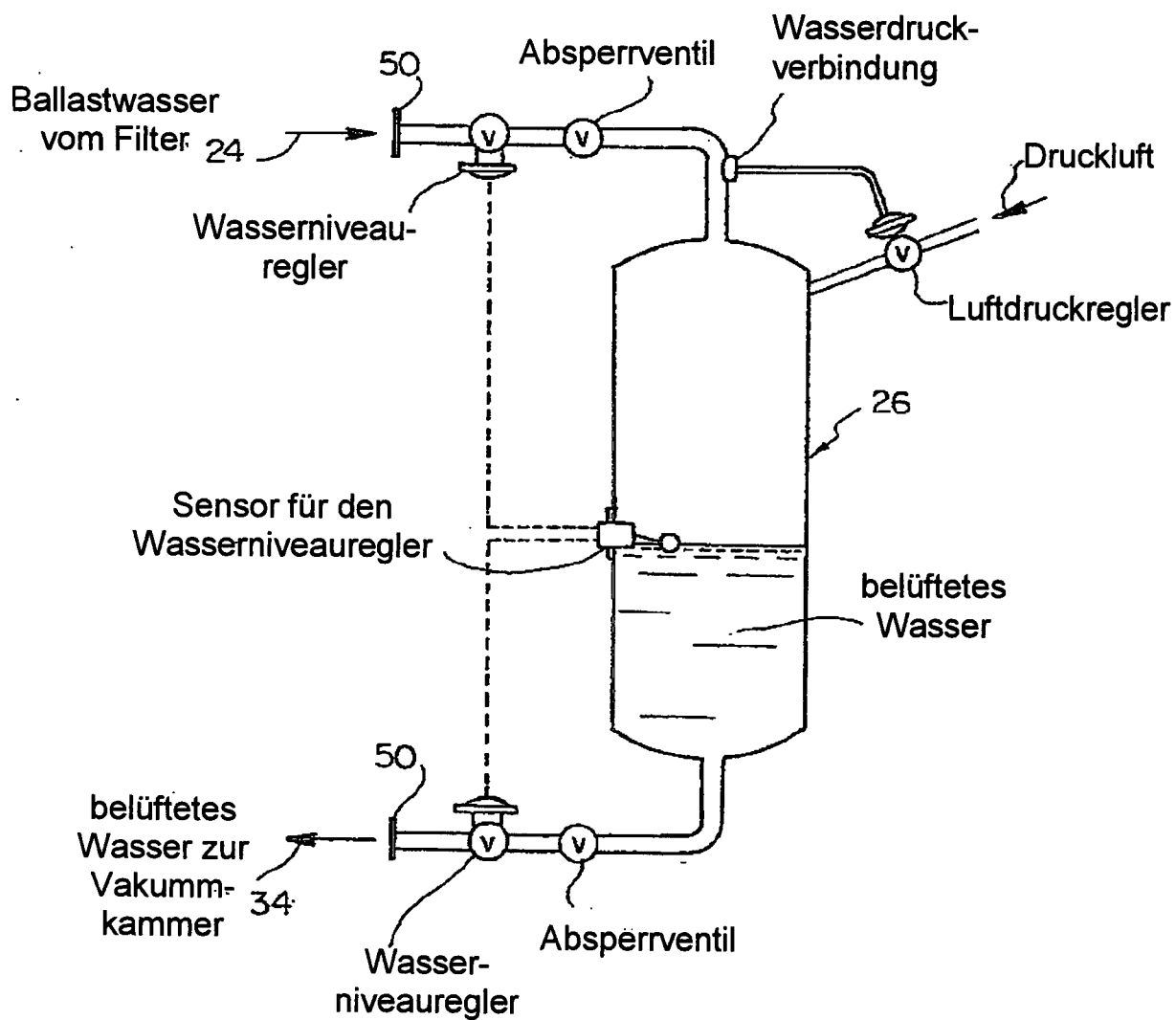
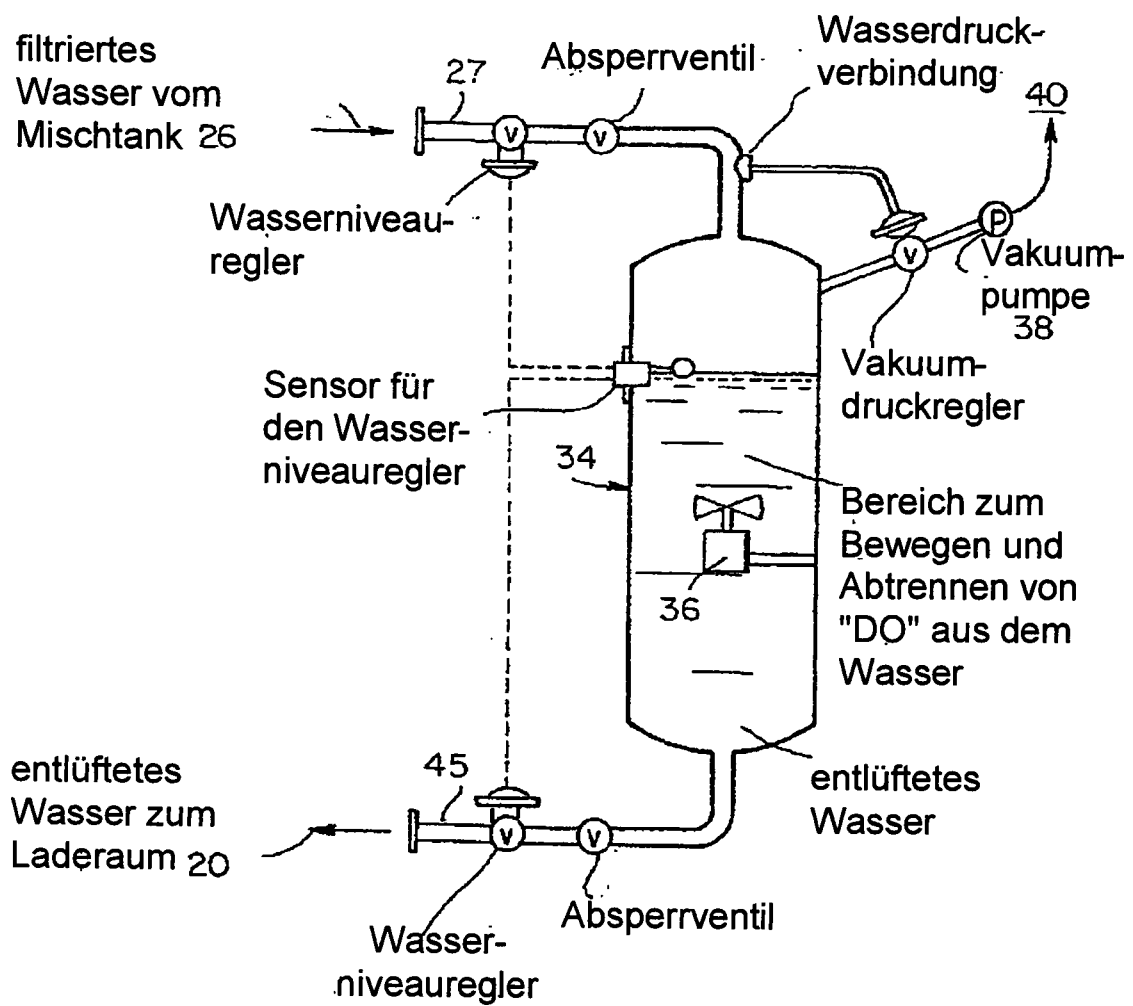


FIG. 5A



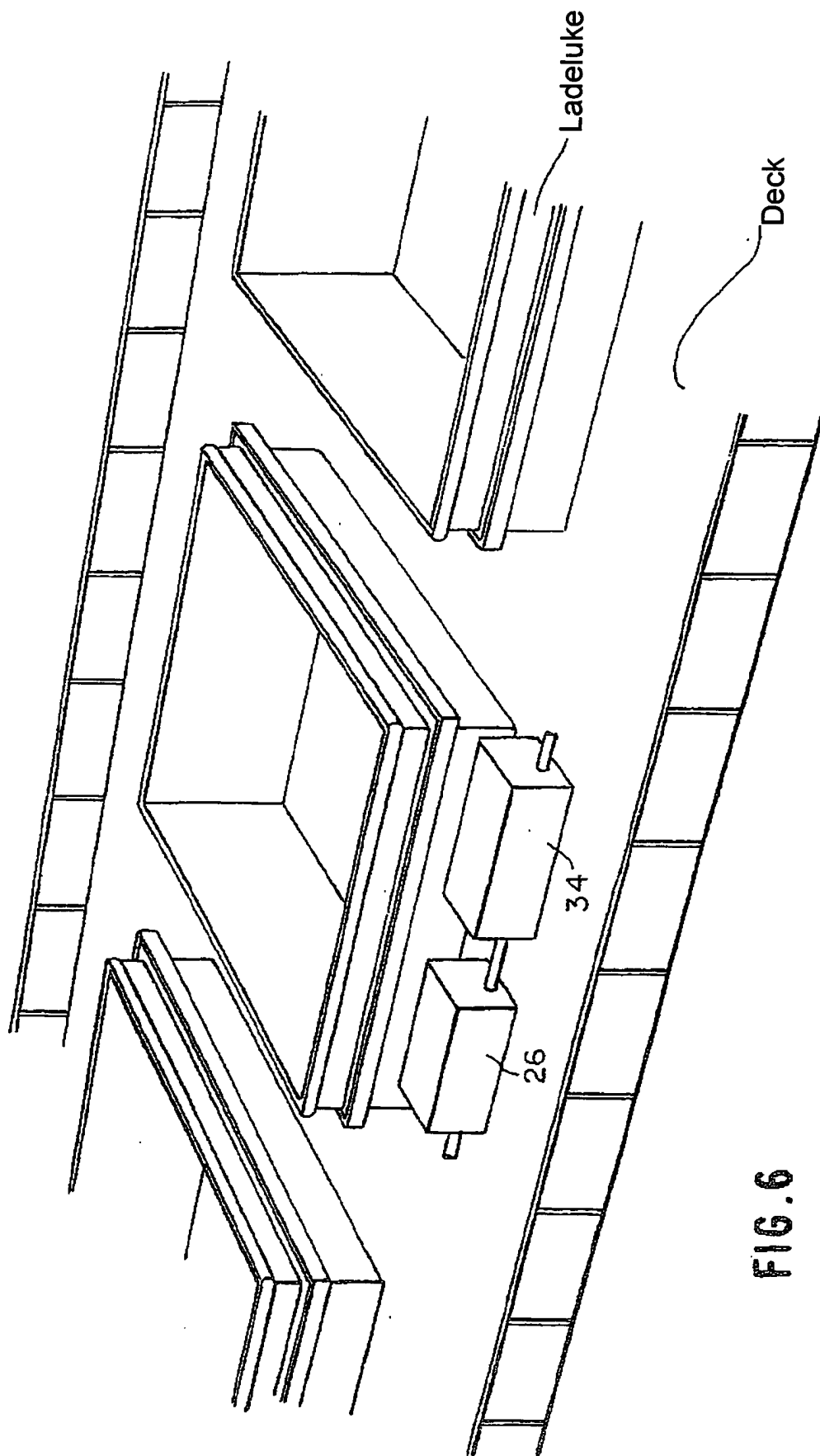


FIG. 6

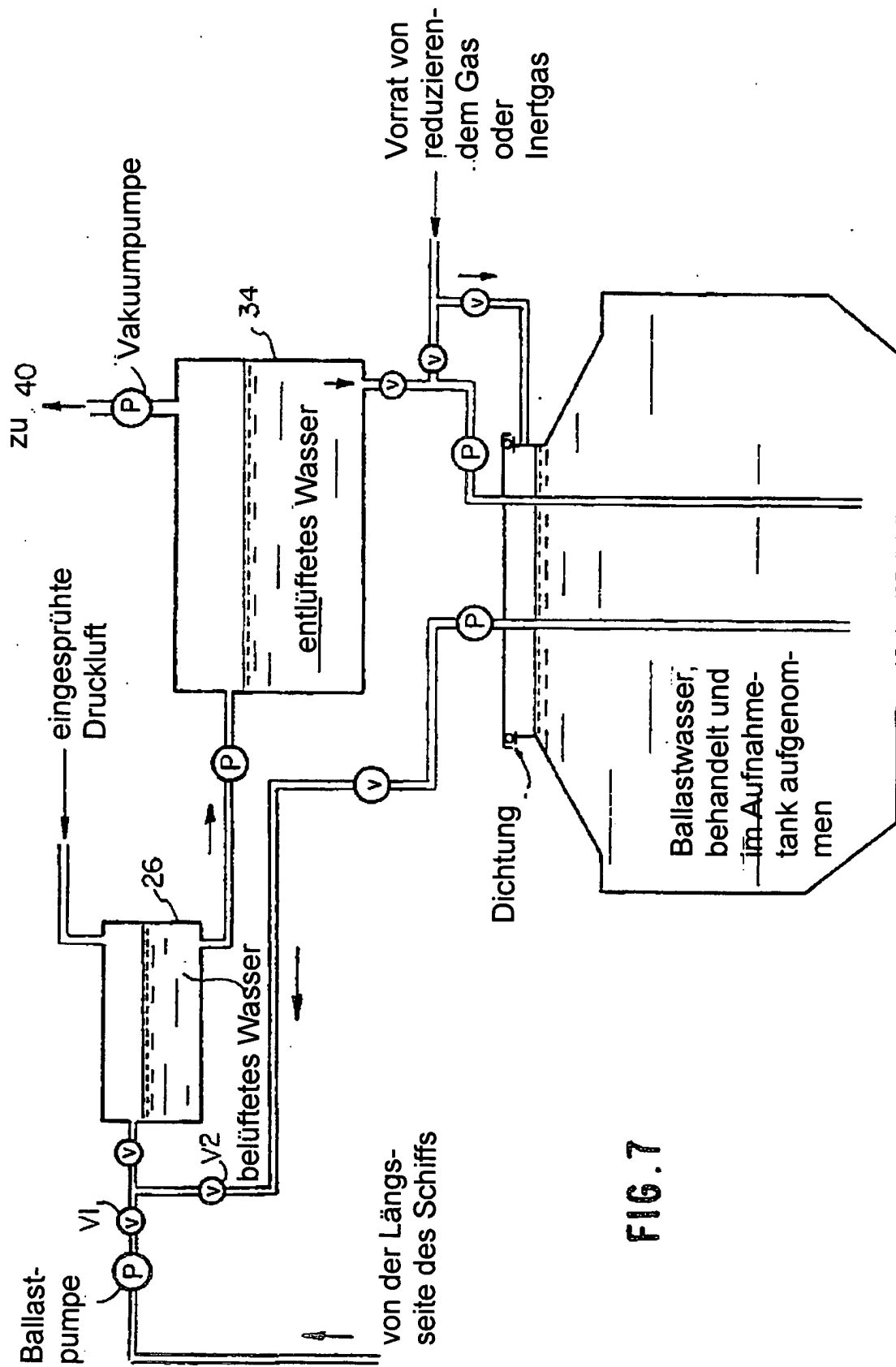


FIG. 7