



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.02.2014 Patentblatt 2014/09

(51) Int Cl.:
B65D 88/76 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12181728.2**

(22) Anmeldetag: **24.08.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

- **Füllmann, Robert**
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler (DE)
- **Barow, Ulrich**
51149 Köln (DE)

(71) Anmelder: **HOCHTIEF Solutions AG**
45128 Essen (DE)

(74) Vertreter: **Rohmann, Michael**
Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)

(72) Erfinder:
• **Garg, Andreas**
55122 Mainz (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Unterwasserspeichers**

(57) Verfahren zur Herstellung eines kugelförmigen Unterwasserspeichers, wobei der Unterwasserspeicher schwimmend in einem Gewässer hergestellt wird. Zunächst wird im unteren Bereich des Speichers eine äußere Basisschalung vorgesehen. Es wird eine Innenschalung erzeugt, indem innere Torus-Ringe übereinander

der gesetzt werden, so dass eine kugelförmige Innenschalung resultiert. Auf der äußeren Basisschalung wird eine äußere Schalung erzeugt, indem äußere Torus-Ringe übereinander gesetzt werden. Der Zwischenraum zwischen Innenschalung und äußerer Basisschalung sowie zwischen Innenschalung und äußerer Schalung wird mit Beton verfüllt.

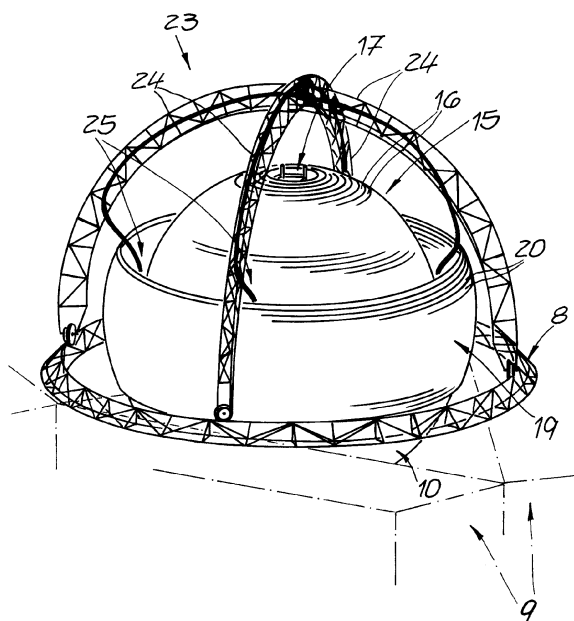


Fig. 7

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Unterwasserspeichers, insbesondere für die Speicherung von elektrischer Energie in Form von potentieller Energie. Statt des Begriffs Unterwasserspeicher wird nachfolgend auch kurz der Begriff Speicher verwendet. Unterwasserspeicher meint insbesondere einen Speicherbehälter mit einem relativ großen Innenvolumen, wobei der Speicher bzw. Speicherbehälter in größerer Wassertiefe von beispielsweise 200 m bis 1500 m in einem Gewässer unter Wasser angeordnet ist. Bei dem Gewässer handelt es sich insbesondere um ein Meer und zweckmäßigerweise steht bzw. liegt der Unterwasserspeicher auf dem Meeresboden auf.

[0002] Derartige Unterwasserspeicher sind zur Energiespeicherung bereits grundsätzlich bekannt. Sie funktionieren ähnlich einem Pumpspeicherkraftwerk, das sich das Gefälle zwischen einem unteren Wasserreservoir und einem oberen Wasserreservoir zu Nutze macht. Mit einem solchen Unterwasserspeicher soll insbesondere elektrische Energie aus Offshore-Windkraftanlagen und/oder aus Solaranlagen in Form von potentieller Energie gespeichert bzw. zwischengespeichert werden. Der Unterwasserspeicher ist dabei zunächst zumindest teilweise mit Wasser bzw. Meereswasser gefüllt. Mit Hilfe der beispielsweise in Windkraftanlagen gewonnenen elektrischen Energie wird dann eine im Unterwasserspeicher angeordnete Pumpe betrieben, mit der das im Speicher enthaltene Wasser nach außen gepumpt wird. Bei Bedarf lässt man dann das Wasser wieder in den Speicher einströmen und aufgrund des anstehenden erheblichen Druckgefälles kann mit Hilfe von im Unterwasserspeicher angeordneten Turbinen und Generatoren wiederum elektrische Energie auf einfache Weise erzeugt werden. Kabelverbindungen ermöglichen den Transport der elektrischen Energie. Somit kann immer wieder zwischen Speicherung und Erzeugung von elektrischer Energie gewechselt werden. - Bislang sind jedoch noch keine zufriedenstellenden Konzepte für die Herstellung von insbesondere großvolumigen Unterwasserspeichern bekannt. Die bislang bekannten Vorschläge zeichnen sich durch einen unerwünscht erheblichen Aufwand bzw. Kostenaufwand aus.

[0003] Demgegenüber liegt der Erfindung das technische Problem zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem auf einfache und wenig aufwendige sowie wenig kostenaufwendige Weise ein Unterwasserspeicher hergestellt werden kann.

[0004] Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Unterwasserspeichers bzw. eines kugelförmigen Unterwasserspeichers, insbesondere für die Speicherung von elektrischer Energie in Form von potentieller Energie, wobei der Unterwasserspeicher vorzugsweise schwimmend in einem Gewässer im Bereich der Wasseroberfläche hergestellt wird, wobei zunächst im unteren Bereich des zu bildenden Speichers eine äußere Basis-

schalung vorgesehen wird, wobei eine Innenschalung erzeugt wird, indem - im unteren Bereich des Speichers beginnend - innere Torus-Ringe sukzessive übereinander gesetzt werden, so dass eine kugelförmige Innenschalung resultiert, wobei auf der äußeren Basisschalung eine äußere Schalung erzeugt wird, indem äußere Torus-Ringe sukzessive übereinandergesetzt werden, wobei die Innenschalung mit Abstand zu der äußeren Basisschalung und mit Abstand zu der äußeren Schalung angeordnet wird und wobei der Zwischenraum zwischen Innenschalung und äußerer Basisschalung sowie zwischen Innenschalung und äußerer Schalung mit Beton verfüllt wird.

[0005] Der erfindungsgemäße Unterwasserspeicher wird nach bevorzugter Ausführungsform schwimmend in einem Gewässer im Bereich der Wasseroberfläche hergestellt. Bei dem Gewässer handelt es sich insbesondere um ein Meer und vorzugsweise wird der Unterwasserspeicher nach seiner Fertigstellung auf dem Meeresboden aufgestellt. Die Herstellung des Unterwasserspeichers kann auch in einem geschützten Gewässer wie beispielsweise im Bereich eines Hafens und dergleichen erfolgen. Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, dass der erfindungsgemäße Unterwasserspeicher in einem Trockendock ohne Wasser bzw. quasi ohne Wasser hergestellt wird und dass der auf diese Weise hergestellte Unterwasserspeicher anschließend an seinen Aufstellungsort transportiert wird und zweckmäßigerweise auf den Meeresboden abgesenkt wird. - Kugelförmig meint im Rahmen der Erfindung nicht zwingend eine exakte Kugelform. Es können Abweichungen von der exakten Kugelform vorhanden sein. Insoweit meint kugelförmig insbesondere auch im Wesentlichen kugelförmig. Zweckmäßigerweise ist zumindest der Innenraum bzw. der innere Speicherraum des erfindungsgemäßen Unterwasserspeichers kugelförmig ausgebildet.

[0006] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Unterwasserspeicher mit zumindest einer Pumpe zum Herauspumpen von Wasser aus dem Innenraum des Unterwasserspeichers ausgestattet ist. Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass der erfindungsgemäße Unterwasserspeicher zumindest eine Turbine und zumindest einen Generator für die Erzeugung von elektrischem Strom beim Einströmen von Wasser in den Unterwasserspeicher aufweist. Statt einer separaten Pumpe und einer separaten Turbine kann auch eine kombinierte Pumpturbine eingesetzt werden. Der erfindungsgemäße Unterwasserspeicher funktioniert ähnlich wie ein Pumpspeicherkraftwerk. Insoweit kann auf die einleitenden Erläuterungen verwiesen werden.

[0007] Torus-Ring meint im Rahmen der Erfindung einen Ringkörper und insbesondere einen kreisförmigen Ringkörper bzw. im Wesentlichen kreisförmigen Ringkörper. Zweckmäßigerweise ist auch ein Querschnitt durch den Ring kreisförmig bzw. im Wesentlichen kreisförmig.

[0008] Nach einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Tragvorrich-

tung, insbesondere ein Tragring auf einer Mehrzahl von auf der Wasseroberfläche schwimmenden Schwimmkörpern bzw. Pontons gelagert, wobei die äußere Basis-schalung an dem Tragring aufgehängt wird/ist und wobei die äußere Basisschalung abgesenkt wird, so dass sie zumindest teilweise in das Gewässer bzw. in die Wasseroberfläche eintaucht. Zweckmäßigerweise handelt es sich bei dem Tragring um einen ringförmigen Gitterträger.

[0009] Empfohlenermaßen wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine äußere Basisschalung eingesetzt, die ein Schalungsnetz, insbesondere ein Drahtseilnetz und eine innenseitig auf das Netz aufgebrachte Basis-Schalungsmembran aufweist. Innenseitig meint die dem späteren Innenraum des Speichers zugewandte Seite bzw. Oberfläche des Netzes. Die Maschenweite des Schalungsnetzes bzw. Drahtseilnetzes mag beispielsweise 50 x 50 cm betragen. Die Basis-Schalungs-membran kann vor dem Einbau des Schalungsnetzes an dem Schalungsnetz befestigt werden oder aber auch nach dem Einbau des Schalungsnetzes, dann aber zumindest teilweise unter Wasser.

[0010] Gemäß bevorzugter Ausführungsform wird eine äußere Basisschalung eingesetzt, die einen unterseitigen Schalungsboden - beispielsweise in Form von auf Gitterträgern aufliegenden Schalungselementen - aufweist, wobei auf dem Schalungsboden ein zentraler Tragmast montiert wird und wobei der Tragmast als Basis bzw. als Stützelement für die Innenschalung eingesetzt wird. Vorzugsweise ist der Schalungsboden kreisförmig ausgebildet.

[0011] Zweckmäßigerweise werden zur Erzeugung der Innenschalung Torus-Ringe übereinander gesetzt und weiterhin auf der Außenseite der übereinander gesetzten inneren Torus-Ringe eine Innenschalungs-membran aufgebracht. Diese Innenschalungs-membran kann aus einzelnen Membranstücken bzw. Membranstreifen zusammengesetzt werden, die nacheinander an der Außenseite der inneren Torus-Ringe befestigt werden. Grundsätzlich kann es sich aber auch um eine zusammenhängende Innenschalungs-membran handeln, die auf die Außenseite der Torus-Ringe aufgebracht wird bzw. über die Torus-Ringe gespannt wird. Nach einer Ausführungsvariante kann diese die Form einer Innenkugel aufweisende Innenschalungs-membran auch von innen her aufgepumpt werden. Zweckmäßigerweise werden die inneren Torus-Ringe temporär an der Innenschalungs-membran befestigt, beispielsweise mit Hilfe von Schlaufenbändern oder dergleichen. Das macht einen einfachen Austausch der inneren Torus-Ringe möglich. Die inneren Torus-Ringe können auch untereinander auf entsprechende Weise miteinander verbunden werden.

[0012] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass zur Erzeugung der äußeren Schalung fernerhin auf der Innenseite der übereinandergesetzten äußeren Torus-Ringe eine Außenschalungs-membran aufgebracht wird. Bei der Außenschalungs-membran und bei der vorstehend

beschriebenen Basis-Schalungs-membran der äußeren Basisschalung kann es sich um ein und dieselbe Schalungs-membran handeln. Die Basis-Schalungs-membran kann sich dann also über die äußere Basisschalung hinaus nach oben zwecks Erzeugung der äußeren Schalung erstrecken. Gemäß besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung werden die äußere Basisschalung und die darüber angeordnete äußere Schalung mit der Maßgabe erzeugt bzw. kombiniert, dass sie sich zu einer kugelförmigen Außenschalung ergänzen. Die äußere Basisschalung und die darüber angeordnete äußere Schalung bilden also die Außenschalung bzw. die kugelförmige Außenschalung.

[0013] Empfohlenermaßen werden für die inneren Torus-Ringe und/oder für die äußeren Torus-Ringe gasgefüllte bzw. luftgefüllte Torus-Ringe eingesetzt. Dabei handelt es sich vorzugsweise um druckluftgefüllte Torus-Ringe. Die Torus-Ringe besitzen dann aufgrund ihrer Druckluftfüllung eine eigene Stabilität, die ausreicht, den im Wesentlichen horizontal wirkenden Schalungsdruck aufzunehmen.

[0014] Die Basis-Schalungs-membran und/oder die Außenschalungs-membran und/oder die Innenschalungs-membran und/oder die Wandung der inneren Torus-Ringe und/oder die Wandung der äußeren Torus-Ringe besteht zweckmäßigerweise aus einem faserverstärkten Kunststoff und insbesondere aus einem faserverstärkten synthetischen Kautschuk. Der faserverstärkte synthetische Kautschuk ist bevorzugt ein faserverstärkter Chloropren-Kautschuk. Zur Faserverstärkung des faserverstärkten Kunststoffes werden zweckmäßigerweise Aramidfasern eingesetzt. Die Aramidfasern können dabei in Form eines Fasergewebes vorliegen.

[0015] Nachfolgend werden die Vorteile einer Schalung mit gasgefüllten bzw. druckluftgefüllten Torus-Ringen erläutert. Die Torus-Ringe mit der zugeordneten Schalungs-membran entsprechen gleichsam einer pneumatisch gestützten Schalung. Diese pneumatisch gestützte Schalung kann insbesondere mittels Druckluft ohne großen Aufwand und innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes auf- und auch wieder abgebaut werden. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der kugelförmige Unterwasserspeicher in seinem oberen Bereich bzw. im Bereich seines oberen Scheitelpunktes eine Öffnung, insbesondere eine kreisförmige Öffnung mit einem Durchmesser von beispielsweise etwa 3 m aufweist. Eine solche Öffnung bzw. kreisförmige Öffnung kann z.B. durch den Einbau eines Stahlringes in Form eines Einbauteils mit Verankerung in der Betonschale des Unterwasserspeichers realisiert werden. Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass die pneumatisch gestützte Schalung grundsätzlich wieder verwendbar ist bzw. für den mehrfachen Einsatz konzipiert ist. So kann die pneumatisch gestützte Innenschalung nach erfolgter Betonage und nach Erhärten des Betons des kugelförmigen Unterwasserspeichers aus dem Inneren des Speichers entnommen werden. Dazu wird zweckmäßigerweise die Luft bzw. Druckluft aus den Torus-Ringen herausgelas-

sen und dann können die Torus-Ringe einzeln oder auch in größeren Segmenten - eventuell auch komplett mit samt der Schalungsmembran - durch die Öffnung im oberen Bereich des Unterwasserspeichers entfernt werden.

[0016] Es versteht sich, dass die Torus-Ringe für den Einsatz als pneumatisch gestützte Schalung eine ausreichende Stabilität aufweisen müssen. Dazu werden Ringdurchmesser und Torusdurchmesser (Durchmesser des Querschnitts durch den Torus-Ring selbst) zweckmäßigerweise entsprechend aneinander angepasst. Es empfiehlt sich weiterhin, dass die Torusringe einen dem Ringdurchmesser und dem Torusdurchmesser angepassten inneren Gasdruck bzw. Luftdruck aufweisen. Eine ausreichende Formstabilität und Lagestabilität der Torus-Ringe kann ohne zusätzliche Stützung insbesondere dann erreicht werden, wenn nach bevorzugter Ausführungsform die Betonage der Hohlkugel mit begrenzten Betonierhöhen schichtweise erfolgt, so dass der seitliche Druck auf die liegend angeordneten Torus-Ringe möglichst umlaufend gleichmäßig ist und bleibt.

[0017] Eine empfohlene Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass im Innenraum des Speichers ein Rüsturm bzw. ein zentraler Rüsturm errichtet wird und dass dieser Rüsturm über Aussteifungselemente an der Innenschalung abgestützt ist. Der Rüsturm dient also insbesondere der Stabilisierung der Schalungskonstruktion. Er kann aber auch als in dem Innenraum des Speichers vorhandener Ausgang benutzt werden. Zweckmäßigerweise wird der Rüsturm auf dem weiter oben beschriebenen Tragmast montiert.

[0018] Nach einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Beton sukzessive in Abhängigkeit des Fortschritts beim Aufbau der Innenschalung und/oder der Außenschalung in den Zwischenraum verfüllt. Es liegt somit im Rahmen der Erfindung, dass der Beton während der Herstellung der Schalung bzw. der Schalungen nach und nach in den Zwischenraum eingefüllt wird. Dabei kann ein kontinuierliches Verfüllen des Zwischenraums während dem Schalungsaufbau stattfinden. Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird zunächst die Innenschalung fertig gestellt und wird dann der Beton sukzessive in Abhängigkeit des Fortschritts beim Aufbau der Außenschalung in den Zwischenraum verfüllt. Dabei kann die Außenschalungsmembran segmentweise auf die Innenseite der übereinander gesetzten äußeren Torus-Ringe aufgebracht werden. Die Segmente der Außenschalungsmembran können beispielsweise von einer Vorratsspule abgespult werden und an der genannten Innenseite der äußeren Torus-Ringe fixiert werden. Die Verbindung kann insbesondere durch Verkleben oder mit Hilfe von Klettverschlüssen realisiert werden. - Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass in einer ersten Betonierphase der untere Bereich des Speichers bzw. der Zwischenraum im Bereich der äußeren Basisschalung mit Beton gefüllt wird. Der Beton reicht dann insbesondere bis unter die Innenschalung aus den inneren Torus-Ringen. Dadurch steht

die Innenschalung unter Auftrieb. Diesem Auftrieb können die vorstehend erläuterten, an den Rüsturm angeschlossenen Aussteifungselemente entgegenwirken.

[0019] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass der Beton über eine Mehrzahl von über den Umfang der Schalung verteilten Betonzuführungseinrichtungen in den Zwischenraum eingefüllt wird. Dadurch wird eine gleichmäßige Druckverteilung auf die Schalungen bzw. auf die Innenschalung und die Außenschalung erreicht. Zweckmäßigerweise werden als Betonzuführungseinrichtungen Betonpumpen eingesetzt. So können beispielsweise vier Betonzuführungseinrichtungen bzw. vier Betonpumpen über den Umfang der Schalung verteilt angeordnet sein. Empfohlenermaßen werden die Betonzuführungseinrichtungen entlang des Umfangs der Schalung über den Zwischenraum bewegt. Auf diese Weise kann ein kontinuierliches und schichtweises Einfüllen von Beton in den Zwischenraum realisiert werden. Zweckmäßigerweise sind die Betonzuführungseinrichtungen an eine rotierende Fertigungseinheit angeschlossen. Dies ist deshalb auf einfache Weise möglich, weil die Schalungen und der Zwischenraum insbesondere ringförmig bzw. kreisförmig ausgebildet sind. Bevorzugt findet eine kontinuierliche Rotation der rotierenden Fertigungseinheit statt. Bei der rotierenden Fertigungseinheit handelt es sich vorzugsweise um einen Portalkran, wobei der Portalkran zweckmäßigerweise gebogene Krantürme aufweist, die sich auf der Tragvorrichtung bzw. auf dem Tragring abstützen. Gemäß bevorzugter Ausführungsvariante werden die Krantürme des Portalkrans bei der Rotation des Portalkrans auf der Tragvorrichtung bzw. auf dem Tragring verfahren. - Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass nach dem Aushärten bzw. Erhärten des Betons die Schalungen entfernt werden, d.h., die äußere Basisschalung und/oder die äußere Schalung und/oder die Innenschalung entfernt wird/werden.

[0020] Eine empfohlene Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass als Beton ein Faserbeton eingesetzt wird. Dem verwendeten Beton sind also Fasern zumindest einer Faserart zugemischt. Bei den Fasern kann es sich insbesondere um zumindest eine Faserart aus der Gruppe "Stahlfasern, Kunststofffasern, Glasfasern" handeln. Zweckmäßigerweise wird ein Faserbeton der Güte C40/50 eingesetzt.

[0021] Vorzugsweise wird ein Speicher mit einem inneren Speichervolumen von mindestens 8.000 m³, vorzugsweise von mindestens 10.000 m³ hergestellt. Besonders bevorzugt wird ein inneres Speichervolumen von 8.000 m³ bis 15.000 m³, beispielsweise von etwa 12.000 m³. Die Dicke der Betonschale beträgt empfohlenermaßen 2,20 m bis 3,50 m und bevorzugt 2,40 m bis 3 m.

[0022] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Dicke der Betonschale des Speichers in Abhängigkeit von dem maximalen Auftrieb des Unterwasserspeichers sowie entsprechend den statischen und gegebenenfalls

auch dynamischen Belangen bemessen wird. Der erfindungsgemäße Unterwasserspeicher ist vorzugsweise so konzipiert, dass in allen Betriebszuständen der Abtrieb infolge des Konstruktionsgewichtes des Speichers gegenüber dem Auftrieb des Speichers infolge der Wasserverdrängung überwiegt. Es versteht sich, dass die Betonschale des Speichers bei größeren Wassertiefen, beispielsweise über 750 m mit zunehmender Wassertiefe einem relativ großen äußeren Druck standhalten muss. Dementsprechend muss die Dicke der Betonschale dann größer gewählt werden und/oder die Festigkeit des Betons muss entsprechend angepasst werden, beispielsweise durch die Wahl eines hochfesten Betons.

[0023] Nach besonders empfohlener Ausführungsform der Erfindung wird der fertig gestellte Speicher bzw. Unterwasserspeicher auf eine Wassertiefe von mindestens 200 m, vorzugsweise mindestens 700 m abgesenkt. Wassertiefe meint hier insbesondere den Abstand der Unterseite des Speichers zur Wasseroberfläche.

[0024] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine verhältnismäßig einfache und wenig aufwendige Herstellung eines Unterwasserspeichers, insbesondere für die Speicherung von elektrischer Energie möglich ist. Dabei kann sowohl der Materialaufwand als auch der Arbeitsaufwand in Grenzen gehalten werden. Im Ergebnis kann der Unterwasserspeicher mit verhältnismäßig geringen Kosten gefertigt werden. Mit dem erfindungsgemäß hergestellten Unterwasserspeicher ist beispielsweise langfristig ein effektiver und funktionssicherer Wechsel zwischen Stromspeicherung und Stromerzeugung möglich. Somit kann elektrische Energie, insbesondere aus regenerativen Energiequellen, vor allem aus Windkraftanlagen auf einfache Weise gespeichert bzw. zwischengespeichert werden und das mit einem relativ hohen Wirkungsgrad.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- Fig. 1 Eine Übersichtszeichnung mit einem Unterwasserspeicher in Form eines Speichers zur Energiespeicherung am Meeresboden,
- Fig. 2 eine erste Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines kugelförmigen Unterwasserspeichers,
- Fig. 3 eine Draufsicht auf die Komponenten gemäß Fig. 2,
- Fig. 4 eine zweite Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5 eine Draufsicht auf die Komponenten gemäß Fig. 4,

Fig. 6 eine dritte Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 7 eine vierte Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 8 eine perspektivische Darstellung eines Torus-Ringes für die Innenschalung und/oder für die äußere Schalung.

[0026] Die Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäß hergestellten kugelförmigen Unterwasserspeicher 1 im Betriebszustand. Der Unterwasserspeicher 1 befindet sich dabei in einer Wassertiefe von etwa 700 m auf dem Meeresboden. Von Windkraftanlagen 2 erzeugter elektrischer Strom wird über eine Kabelverbindung 3 einer Pumpe 4 des Unterwasserspeichers 1 zugeführt. Dadurch wird die Pumpe 4 angetrieben und im Innenraum 5 des Unterwasserspeichers 1 vorhandenes Wasser aus dem Unterwasserspeicher 1 herausgepumpt. Auf diese Weise kann der Unterwasserspeicher 1 ganz oder teilweise entleert werden. Wenn zu einem späteren Zeitpunkt Energiebedarf besteht, lässt man Meerwasser über die Turbine 6 wieder in den Innenraum 5 des Unterwasserspeichers 1 einströmen. Mittels eines nicht näher dargestellten Generators kann somit wieder elektrischer Strom erzeugt werden und über eine Kabelverbindung 7 abgeführt werden. Mit dem Unterwasserspeicher 1 kann also elektrische Energie in Form von potentieller Energie gespeichert bzw. zwischengespeichert werden.

[0027] Die Fig. 2 bis 8 verdeutlichen die Herstellung eines kugelförmigen Unterwasserspeichers 1 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren. In den Fig. 2 und 3 ist eine erste Phase dieses Verfahrens dargestellt. Hier wurde ein Tragring 8 in Form eines ringförmigen Gitterträgers auf an der Wasseroberfläche schwimmenden Pontons 9 aufgebracht. An den Tragring 8 ist die untere äußere Basisschalung 10 angeschlossen. Diese äußere Basisschalung 10 weist ein Drahtseilnetz 11 und eine darauf innenseitig aufgebrachte Basis-Schalungsmembran 12 auf. Weiterhin ist an das Drahtseilnetz ein unterseitiger Schalungsboden 13 angeschlossen oder eingelegt und auf diesem Schalungsboden 13 ist zentral-mittig ein Tragmast 14 montiert.

[0028] Die Fig. 4 und 5 zeigen eine zweite Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier wurde der unterseitige Schalungsboden 13 mit dem angeschlossenen Drahtseilnetz 11 und der darauf aufgebrachten Basis-Schalungsmembran 12 durch Flutung und/oder Ballastierung unter die Wasseroberfläche abgesenkt. Das Drahtseilnetz 11 ist hier gespannt und hat seine endgültige Form angenommen. Auf dem Tragmast 14 wurde mit dem Aufbau der kugelförmigen Innenschalung 15 begonnen. Dazu werden innere Torus-Ringe 16 mit verschiedenen Ringdurchmessern übereinander gesetzt. Außerdem wurde in dieser zweiten Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens auch bereits mit der Errichtung eines Rüstturms 17 auf dem Tragmast 14 begon-

nen.

[0029] In Fig. 6 ist eine dritte Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Hier wurde der Aufbau der Innenschalung 15 mit weiteren inneren Torus-Ringen 16 fortgeführt und auch der Rüstturm 17 weiter aufgebaut. Der Rüstturm 17 ist im Übrigen über Aussteifungselemente 18 an die Innenschalung 15 angeschlossen. In der dritten Phase gemäß Fig. 6 wurde fernerhin mit dem Aufbau der äußeren Schalung 19 mit Hilfe von äußeren Torus-Ringen 20 begonnen. Auch hier werden äußere Torus-Ringe 20 mit unterschiedlichem Ringdurchmesser zur Realisierung einer Kugelform übereinander gesetzt. Fig. 6 zeigt außerdem, dass in dieser Bauphase bereits Beton 21 in den Zwischenraum zwischen der unteren äußeren Basisschalung 10 und der Innenschalung 15 verfüllt wurde. Im Bereich des unterseitigen Schalungsbodens 13 entsteht gleichsam ein Standfuß 22 des Unterwasserspeichers 1 und mit diesem Standfuß 22 kann der Unterwasserspeicher 1 sicher auf dem Meeresboden aufstehen.

[0030] In der Fig. 7 ist eine vierte Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Hier wurde die kugelförmige Innenschalung 15 quasi fertig gestellt und der Aufbau der äußeren Schalung 19 wurde durch Aufsetzen weiterer äußerer Torus-Ringe 20 fortgesetzt. Einer vergleichenden Betrachtung der Fig. 6 und 7 entnimmt man im Übrigen, dass sich die äußere Basisschalung 10 und die äußere Schalung 19 zu einer kugelförmigen Außenschalung ergänzen. In den Figuren ist im Übrigen nicht dargestellt, dass vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel an der Außenseite der Innenschalung 15 eine Innenschalungsmembran aufgebracht wird. Außerdem wird zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel an der Innenseite der äußeren Schalung 19 mit fortschreitendem Aufbau dieser äußeren Schalung 19 segmentweise eine Außenschalungsmembran aufgebracht. - Fig. 7 zeigt fernerhin, dass nach bevorzugter Ausführungsform zur Herstellung des Unterwasserspeichers 1 mit einem Portalkran 23 gearbeitet wird. Dieser Portalkran 23 weist bevorzugt und im Ausführungsbeispiel vier gebogene Krantürme 24 auf, mit denen der Portalkran 23 auf dem Tragring 8 verfahrbar ist, so dass der Portalkran 23 gleichsam um eine zentrale Achse rotieren kann. Empfohlenermaßen und im Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 ist an jedem Kranturm 24 eine Betonzuführungseinrichtung in Form einer Betonpumpe 25 angeordnet. Mit fortschreitendem Aufbau der äußeren Schalung 19 kann über diese Betonpumpen 25 schichtweise und vorzugsweise kontinuierlich Beton in den Zwischenraum zwischen äußerer Schalung 19 und Innenschalung 15 eingebracht werden. Aufgrund der Rotation des Portalkrans 23 findet dabei eine sehr effektive Verteilung des Betons statt und dadurch resultiert eine gleichmäßige Druckverteilung auf die Schalungen. Zweckmäßigerweise wird der eingebrachte Beton 21 mit nicht dargestellten Innenrüttlern bzw. Tauchrüttlern verdichtet. Der Aufbau wird auf diese Weise fortgesetzt, so dass schließlich eine kugelförmige Außenschalung und eine kugelförmige Innen-

schalung mit im Zwischenraum zwischen den Schalungen eingebrachtem Beton 21 resultiert. Nach Aushärten des Betons können die Schalungen entfernt werden, so dass ein in Fig. 1 dargestellter kugelförmiger Unterwasserspeicher 1 aus Beton 21 erhalten wird.

[0031] In der Fig. 8 ist im Übrigen ein Torus-Ring 16, 20 dargestellt, der als innerer Torus-Ring 16 für die Innenschalung 15 oder als äußerer Torus-Ring 20 für die äußere Schalung 19 eingesetzt werden kann. Es ist erkennbar, dass der Torus-Ring 16, 20 kreisförmig ausgebildet ist. Im Übrigen ist bevorzugt auch ein Querschnitt durch den Torus-Ring 16, 20 kreisförmig und zwar mit über den Umfang des Torus-Ringes 16, 20 gleichbleibendem Querschnittsdurchmesser d. Bei dem Torus-Ring 16, 20 handelt es sich empfehlenermaßen um einen druckluftgefüllten Torus-Ring 16, 20. Die Wandung des Torus-Ringes 16, 20 besteht zweckmäßigerweise aus einer faserverstärkten Kunststoffschicht bzw. Kautschukschicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines kugelförmigen Unterwasserspeichers (1), insbesondere für die Speicherung von elektrischer Energie in Form von potentieller Energie, wobei der Unterwasserspeicher (1) vorzugsweise schwimmend in einem Gewässer im Bereich der Wasseroberfläche hergestellt wird, wobei zunächst im unteren Bereich des zu bildenden Speichers (1) eine äußere Basisschalung (10) vorgesehen wird, wobei eine Innenschalung (15) erzeugt wird, indem innere Torus-Ringe (16) übereinander gesetzt werden, so dass eine kugelförmige Innenschalung (15) resultiert, wobei auf der äußeren Basisschalung (10) eine äußere Schalung (19) erzeugt wird, indem äußere Torus-Ringe (20) übereinander gesetzt werden, wobei die Innenschalung (15) mit Abstand zu der äußeren Basisschalung (10) und zu der äußeren Schalung (19) angeordnet wird und wobei der Zwischenraum zwischen Innenschalung (15) und äußerer Basisschalung (10) sowie zwischen Innenschalung (15) und äußerer Schalung (19) mit Beton (21) verfüllt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Tragvorrichtung, insbesondere ein Tragring (8) auf einer Mehrzahl von auf der Wasseroberfläche schwimmenden Schwimmkörpern bzw. Pontons (9) gelagert wird, wobei die äußere Basisschalung (10) an der Tragvorrichtung aufgehängt wird und wobei die äußere Basisschalung (10) abgesenkt wird, so dass sie zumindest teilweise in die Wasseroberfläche eintaucht.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei eine äußere Basisschalung (10) eingesetzt wird, die ein Schalungsnetz, insbesondere ein Drahtseilnetz (11) und eine innenseitig auf das Netz aufge-

brachte Basis-Schalungsmembran (12) aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine äußere Basisschalung (10) eingesetzt wird, die einen unterseitigen Schalungsboden (13) aufweist, wobei auf dem Schalungsboden (13) ein Tragmast (14) montiert wird und wobei der Tragmast (14) als Basis bzw. als Stützelement für die Innenschalung (15) eingesetzt wird. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zur Erzeugung der Innenschalung (15) weiterhin auf der Außenseite der übereinander gesetzten inneren Torus-Ringe (16) eine Innenschalungsmembran aufgebracht wird. 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei zur Erzeugung der äußeren Schalung (19) fernerhin auf der Innenseite der übereinander gesetzten äußeren Torus-Ringe (20) eine Außenschalungsmembran aufgebracht wird. 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die äußere Basisschalung (10) und die darüber angeordnete äußere Schalung (19) mit der Maßgabe erzeugt bzw. kombiniert werden, dass sie sich zu einer kugelförmigen Außenschalung ergänzen. 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei für die inneren Torus-Ringe (16) und/oder für die äußeren Torus-Ringe (20) gasgefüllte bzw. luftgefüllte Torus-Ringe (16, 20) eingesetzt werden. 30
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei im Innenraum (5) des Speichers (1) ein zentraler Rüstturm (17) errichtet wird und wobei der Rüstturm (17) über Aussteifungselemente (18) an der Innenschalung (15) abgestützt wird. 35
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Beton (21) sukzessive in Abhängigkeit des Fortschritts beim Aufbau der Innenschalung (15) und/oder der äußeren Schalung (19) bzw. der Außenschalung in den Zwischenraum gefüllt wird. 40
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Beton (21) über eine Mehrzahl von über den Umfang der Schalungen verteilten Betonzuführungseinrichtungen in den Zwischenraum eingefüllt wird. 45
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Betonzuführungseinrichtungen entlang des Umfang der Schalungen über dem Zwischenraum bewegt werden. 50
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei als Beton ein Faserbeton eingesetzt wird. 55
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei

ein Speicher mit einem inneren Speichervolumen von mindestens 8.000 m³, vorzugsweise mindestens 10.000 m³ hergestellt wird.

- 5 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der fertiggestellte Speicher (1) auf eine Wassertiefe von mindestens 200 m, vorzugsweise mindestens 700 m abgesenkt wird.

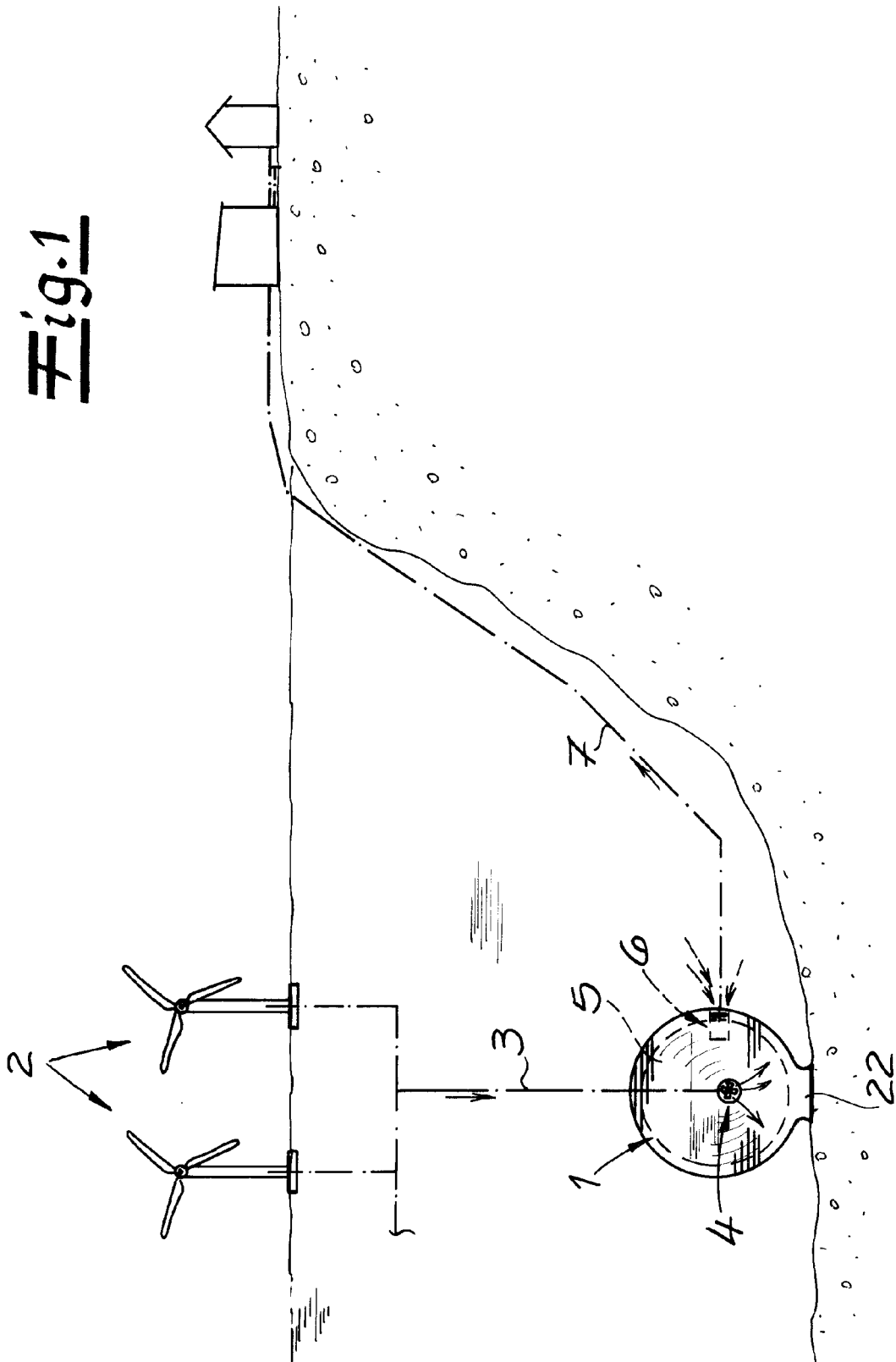


Fig. 2

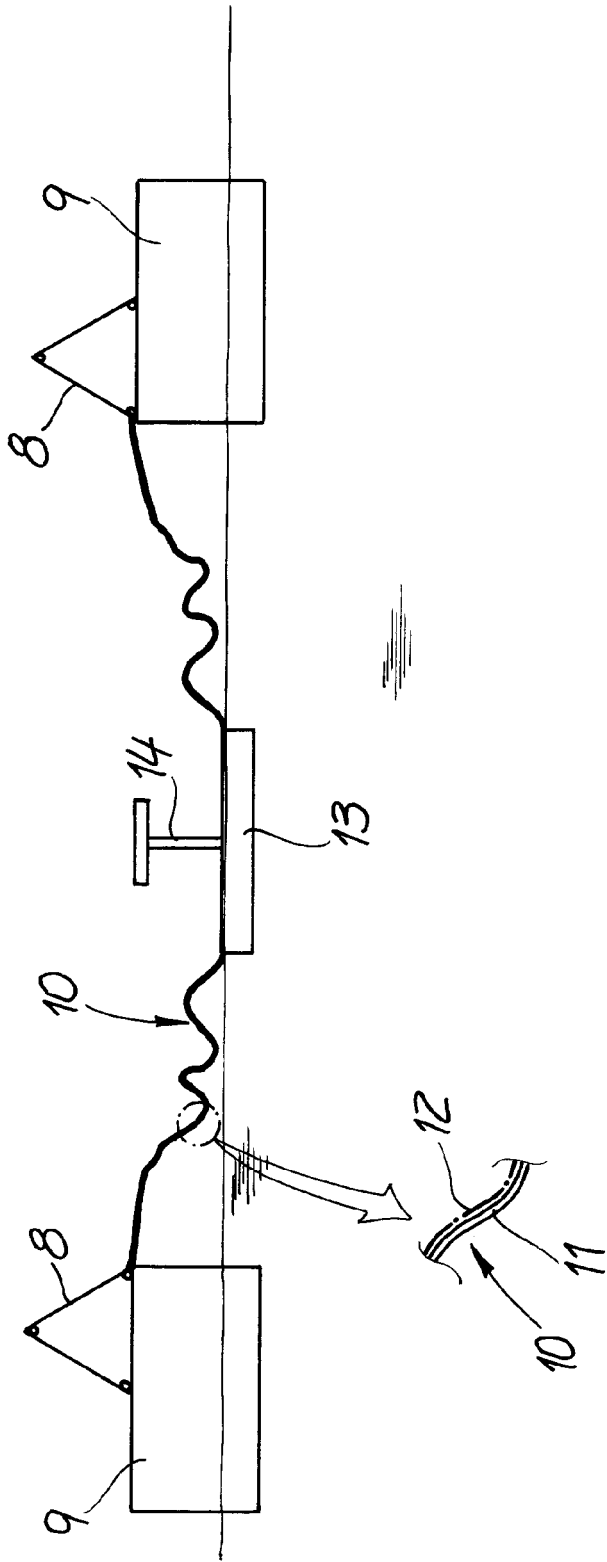


Fig. 3

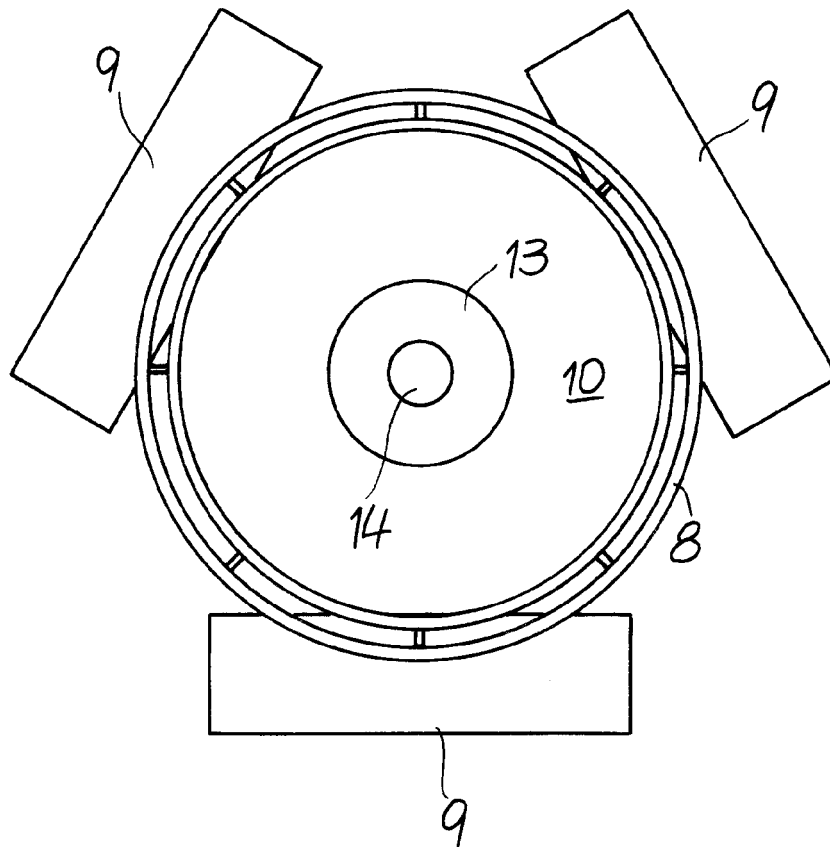


Fig. 4

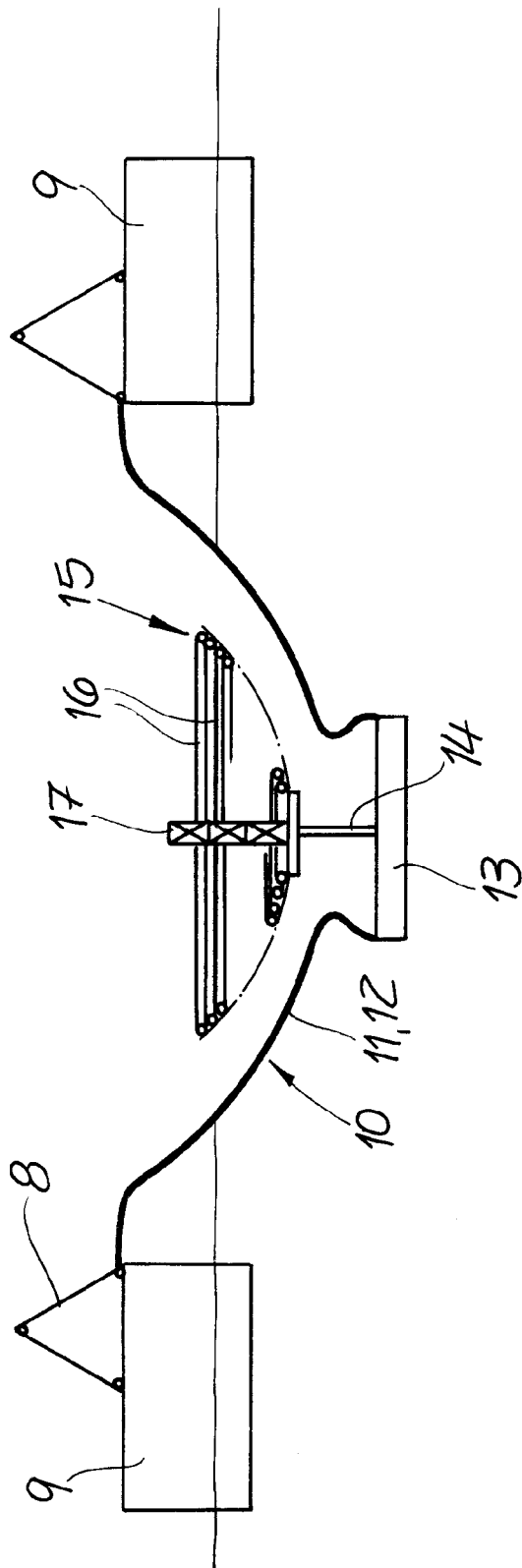


Fig. 5

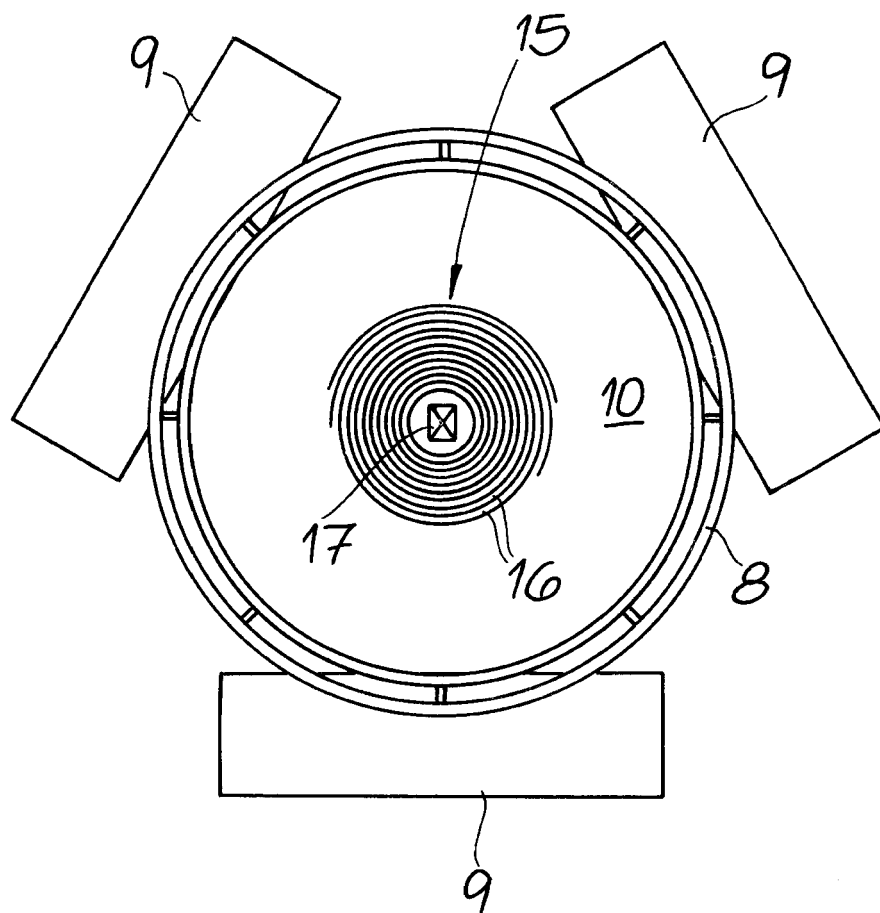
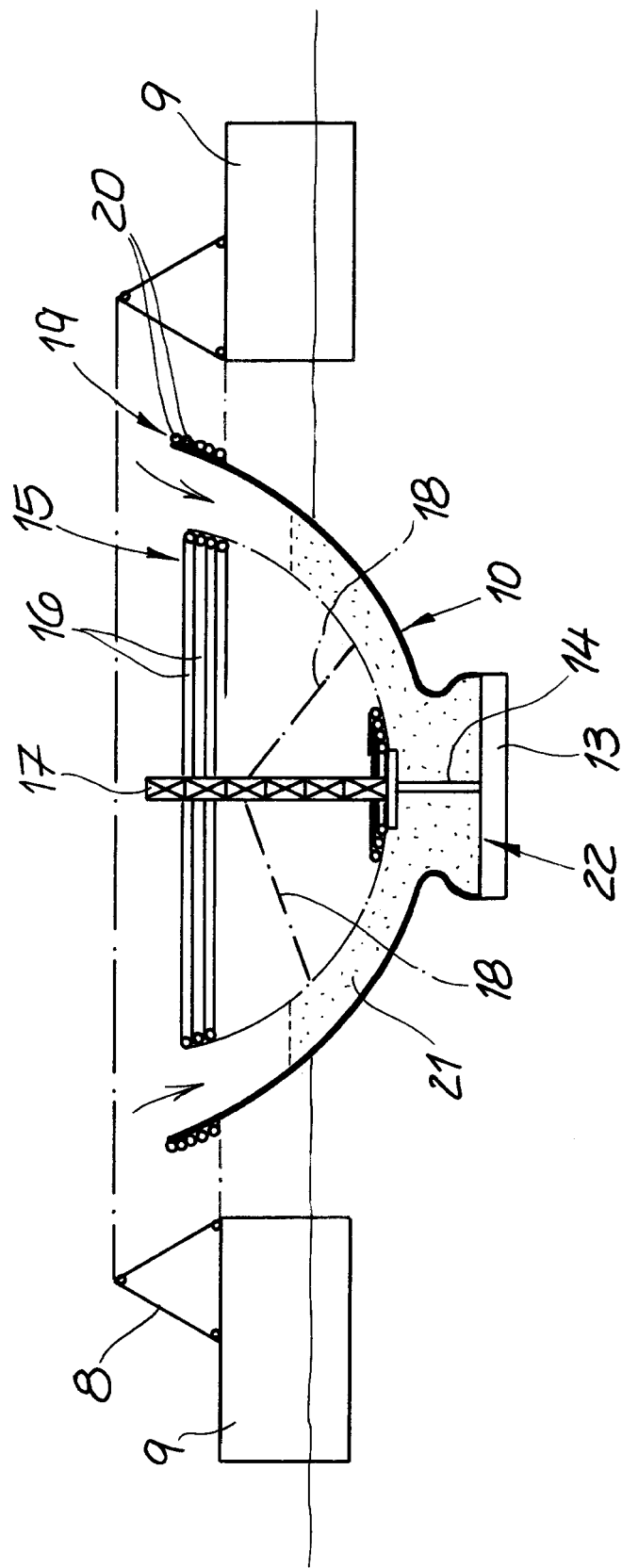


Fig. 6



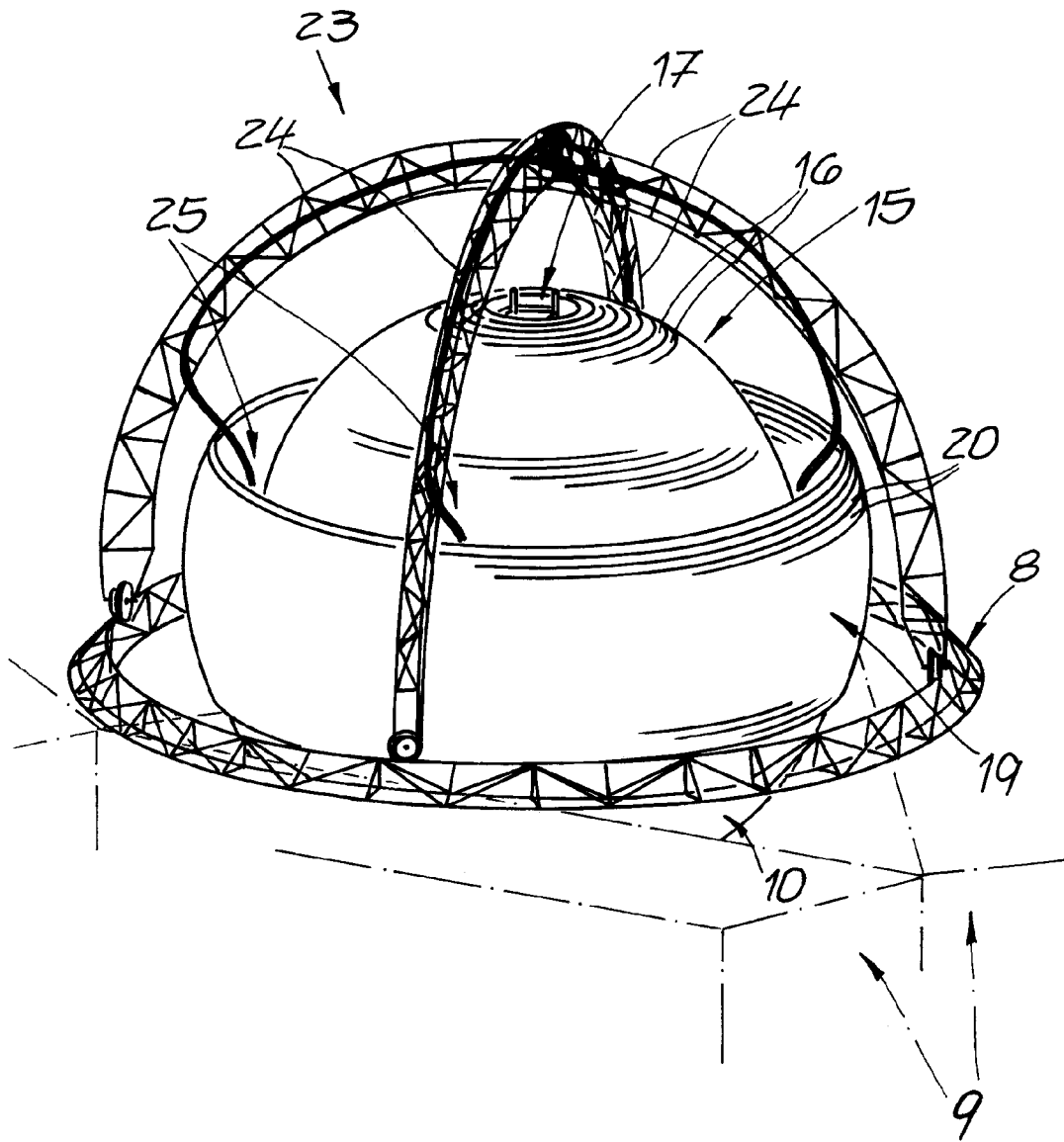
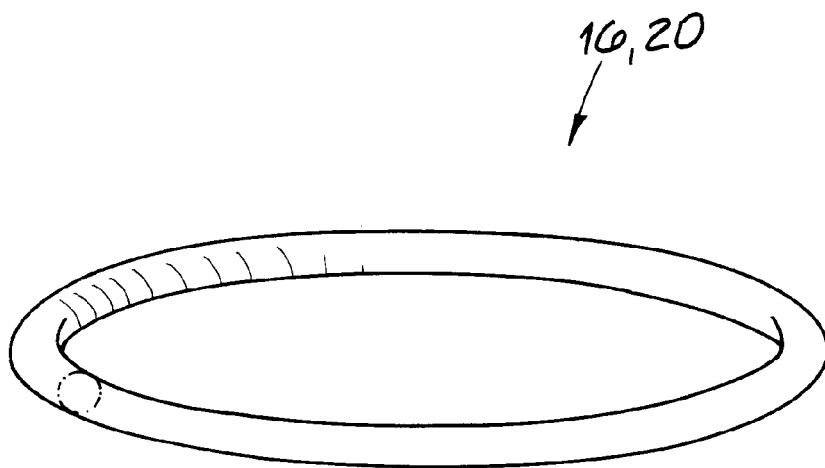


Fig. 7

Fig. 8





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 18 1728

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 98/13556 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; MORISHIGE HARUO [JP]) 2. April 1998 (1998-04-02) * das ganze Dokument *	1-15	INV. B65D88/76
A	NL 6 605 261 A (SOCIÉTÉ D'ÉTUDES ET D'EQUIPMENT D'ENTREPRISES) 21. Oktober 1966 (1966-10-21) * das ganze Dokument *	1-15	
A	NL 7 602 150 A (DRESSER IND) 21. September 1976 (1976-09-21) * das ganze Dokument *	1-15	
A	WO 2009/024933 A2 (UNIV DA BEIRA INTERIOR [PT]; DOMINGUES DE ALMEIDA PEDRO [PT]; DINHO DA) 26. Februar 2009 (2009-02-26) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D B65D F03D F03B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. Januar 2013	Prüfer Giorgini, Gabriele
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 18 1728

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-01-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9813556 A1	02-04-1998	EP 0867565 A1	30-09-1998
		NO 982386 A	26-05-1998
		US 6164872 A	26-12-2000
		US 6347910 B1	19-02-2002
		WO 9813556 A1	02-04-1998

NL 6605261 A	21-10-1966	BE 677776 A	01-08-1966
		DE 1684912 A1	23-04-1970
		DK 109379 C	16-04-1968
		FR 89383 E	16-06-1967
		GB 1074725 A	05-07-1967
		LU 50629 A	11-05-1966
		NL 6605261 A	21-10-1966
		US 3385464 A	28-05-1968

NL 7602150 A	21-09-1976	AR 213621 A1	28-02-1979
		BE 839721 A1	16-07-1976
		BR 7601652 A	14-09-1976
		CA 1060052 A1	07-08-1979
		DE 2610450 A1	07-10-1976
		DK 91076 A	20-09-1976
		FR 2304724 A1	15-10-1976
		GB 1518411 A	19-07-1978
		JP 51119110 A	19-10-1976
		NL 7602150 A	21-09-1976
		NO 760636 A	21-09-1976
		OA 5275 A	28-02-1981
		SE 7602732 A	20-09-1976
		US 3990252 A	09-11-1976

WO 2009024933 A2	26-02-2009	PT 103812 A	23-02-2009
		WO 2009024933 A2	26-02-2009

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82