

(12)

# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 90/2022  
(22) Anmeldetag: 08.04.2022  
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2023

(51) Int. Cl.: B65D 90/04 (2006.01)  
B65D 88/16 (2006.01)

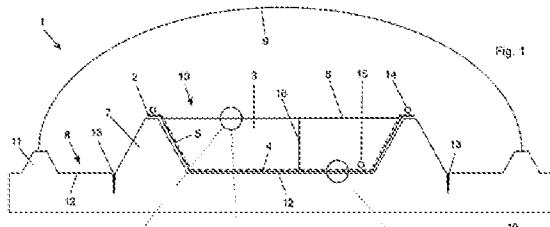
(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2003074043 A  
CN 2504227 Y  
EP 0905055 A1  
US 3234741 A  
US 2915097 A  
EP 0436928 A1  
DE 4430211 A1  
US 2022089358 A1  
CN 1718722 A

(73) Patentinhaber:  
Patent & Founder Factory GmbH  
1120 Wien (AT)

(74) Vertreter:  
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH  
1010 Wien (AT)

## (54) Speicheranlage zum Speichern eines pumpfähigen Füllmediums

(57) Bei einer Speicheranlage zum Speichern eines pumpfähigen Füllmediums umfassend eine Hülle und einen von der Hülle umschlossenen Speicherraum (3) für > 1.000 m<sup>3</sup> des pumpfähigen Füllmediums, wobei die Hülle von einer den Speicherraum (3) allumschließenden Membranhülle (2) gebildet ist, mindestens eine Abstützung zum Abstützen der Membranhülle (2) und mindestens eine unter einem Bodenabschnitt (4) der Membranhülle (2) angeordnete Bodenabdichtung, die eine Abdichtungsschicht (12) und eine zwischen der Abdichtungsschicht (12) und dem Bodenabschnitt (4) der Membranhülle (2) angeordnete Abstandsschicht (20) aus einem schüttfähigen stückigen Material umfasst, weist die Membranhülle (2) im Dachabschnitt (6) ein aufschwimmendes Dachelement mit Auftriebselementen auf.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Speicheranlage zum Speichern eines pumpfähigen Füllmediums umfassend eine Hülle und einen von der Hülle umschlossenen Speicherraum für > 1.000 m<sup>3</sup> des pumpfähigen Füllmediums.

**[0002]** Heute verfügbare große Fluidspeicher, wie sie für Erdöl und daraus hergestellte Produkte, für Lebensmittel wie Bier oder Milch, für Wasser und für Grundchemikalien benötigt werden, sind teuer und sind mit einer langen Errichtungsdauer verbunden.

**[0003]** Es sind bereits Fluidspeicher bekannt geworden, bei denen die Hülle zumindest teilweise eine flexible Membran aufweist. Durch Membrane begrenzte Fluidspeicher sind beispielsweise bekannt als Treibstofftanks von Flugzeugen und anderen Fahrzeugen, als selbsttragende faltbare Behälter kleinen Volumens für die Verankerung auf einer Ladefläche oder die temporäre Ablage an einem stationären Standort z.B. bei militärischen Einsätzen, in der Landwirtschaft oder im Bergbau, als Abdichtung für durch Erdwälle und natürliche Vertiefungen begrenzte Reservoirs großen Volumens oder als Auskleidung von durch Beton-, Stahl-, GFK- oder Holzwänden begrenzte Behälter.

**[0004]** Für die kurzfristige Speicherung von brennbaren Fluiden sind Membran-begrenzte, selbsttragende Tanks für Fahr- oder Flugzeuge bekannt, die auch bei Temperaturen von 200-300°C noch eingesetzt werden. Beispielsweise offenbart die US 3645834 einen membranbegrenzten Speicher, dessen Membran ihre mechanische Festigkeit aus Polyamiden bezieht, die bei Temperaturen über 300°C versagen. Für Fahrzeuge sind solche Tanks aktuell in vielen Ländern nur maximal für 5 Jahre zugelassen und müssen danach ausgetauscht werden. Mit deutlich teureren Fluorpolymeren können Tanks gefertigt werden, die für unterschiedliche Füllstoffe, wie z.B. Diesel oder Benzin, zugelassen sind.

**[0005]** Für die mittel- oder längerfristige stationäre (oder auf Ladeflächen fixierte) Speicherung brennbare Fluide werden bislang nur kleine faltbare Membranbehälter eingesetzt, die in der Regel mit 2000 m<sup>3</sup> begrenzt sind. Ihr Vorteil ist die schnelle Fertigung, kompakte (gefaltete) Auslieferung zum Einsatzort und schnelle unkomplizierte Inbetriebnahme vor Ort. Die Nachteile liegen in ihrem geringen Fassungsvermögen, ihren Volumen-bezogen relativ höheren Kosten im Vergleich zu den meisten anderen Speichern und insbesondere bei brennbaren Fluiden im höheren Sicherheitsrisiko durch Leckagen und der damit einhergehenden Brandgefahr. Dies verbietet heute den Bau Membran-basierter Speicher mit großen Fassungsvolumina. Die US 2724418 A beschreibt einen selbsttragenden Membranbehälter aus einer textilverstärkten Gummimembran, die bei (Brand-)Temperaturen über 300°C jedenfalls versagen und daher für große Volumina aus Sicherheitsgründen keine Zulassung erhalten würde. Die US 3510142 A beschreibt einen faltbaren Behälter, der auf einer LKW-Ladefläche festgezurrt werden kann. Die US 4875596 A beschreibt ebenfalls einen faltbaren Transportbehälter, der z.B. aus PE, PP, PVC oder PTFE sowie unterschiedlichen Elastomeren bestehen kann. Die US 4865096 A beschreibt einen leichtgewichtigen Kissentank der aus Aramid-, Dacron- oder Nylon-verstärktem Neopren oder SBP-Gummi besteht, sodass ebenfalls die Brandsicherheit der Membran nicht gegeben ist. Die US 2020/010266 A1 beschreibt einen faltbaren Speicher, der aus einer spiralförmig gefügten Membran aufgebaut ist, um Fügestellen zu vermeiden, wo drei Membrankanten aufeinandertreffen. Weitere beispielhafte Patente im Bereich faltbarer Speicher sind: US 6186713 B1, US 7717296 B1, US 2004/040136 A1, US 2019/202631 A1.

**[0006]** Große Fluidspeicher für z.B. Trink-, Aquakultur-, Landwirtschafts- oder kontaminiertes Wasser aber auch für Chemikalien sowie kommunale, landwirtschaftliche und chemische Abfälle (z.B. Rotschlamm aus der Primärproduktion von Aluminium) werden heute am kosteneffizientesten in Reservoirs gespeichert, die von Erdwällen begrenzt sind und/oder sich die natürliche Morphologie der Erdoberfläche zunutze machen. Dabei wird je nach Durchlässigkeit des Bodens die Abdichtung nach unten aufgebaut. Bei sicherheitskritischen Fluiden wird eine mehrfache Abdichtung aus polymeren Geotextilien und zum Teil selbstverschließenden mineralischen Schichten (z.B. Bentonit) eingesetzt. Auch die Böden neuer Deponien werden sehr ähnlich angelegt. Se-

kundäre Auffangbecken für z.B. Öltanks werden ebenfalls mit textilen Membranen abgedichtet, sind aber nicht für ein dauerhaftes Halten von Flüssigkeiten ausgelegt.

**[0007]** Der Stand der Technik im Bereich erdgestützter Reservoirbegrenzungen und dabei zum Einsatz kommender Membrane umfasst z.B. US 2020/095065 A1, die eine spezielle Anordnung von Erdwall-begrenzten Wasserbecken ohne Abdeckung beschreibt, US 2016/376761 A1, die eine durch Unterdruck an die Flüssigkeitsoberfläche gesaugte Abdeckungsmembran beschreibt, und US 2015/284924 A1, die eine weitere Abdeckmembran beschreibt, die dank der Verwendung von Urea eine hohe Witterungsbeständigkeit erreicht. Weitere illustrative Patente in diesem Bereich sind z.B. AU 2018/101383 A4, DE 10201374 A1, US 10655296 B1, US 2008/219772 A1, US 2011/135393 A1, US 2018/340305 A1, US 2017/088346 A1, US 2018/363283 A1 und US 2018/086553 A1.

**[0008]** Weitere den technischen Hintergrund zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildenden Veröffentlichungen sind JP 2003074043 A, CN 2504227 Y, EP 0905055 A1, US 3234741 A, US 2915097 A, EP 0436928 A1, DE 4430211 A1, US 2022089358A1 sowie CN 1718722 A.

**[0009]** Keines der genannten Dokumente offenbart einen Erdwall-begrenzten, abgedeckten Speicher, der Kohlenwasserstoffe, Industriechemikalien, von Wasser abweichende Produkte der Lebensmittelindustrie (z.B. Milch, Bier, Wein, Fruchtsäfte oder dgl.) speichern kann. Dies ist auf die hohen Anforderungen an die Leckagesicherheit, nämlich die Verhinderung von Kontamination der Umwelt durch das Speichermedium, sowie die Verschmutzungssicherheit, nämlich die Verhinderung der Kontamination des Speichermediums durch die Umwelt, zurückzuführen. Ebenso wenig sind die offenbarten Erdwall-begrenzten, abgedeckten Speicher geeignet, das jeweilige Füllmedium sowohl zum Boden hin als auch zur Luft darüber hin thermisch zu isolieren, obwohl dies neben den oben angeführten neuen Anwendungen auch für Fermenter, Aqua- und Algenkulturen und andere Behälter mit lebenden Prozessen oder Produkten im Inneren durchaus vorteilhaft wäre.

**[0010]** Schließlich sind große zylindrische Stahltanks mit vertikaler Achse bekannt, die zur Speicherung von z.B. Erdöl und daraus erzeugten Produkten oder anderen Chemikalien geeignet sind. Dabei werden sowohl schwimmende Abdeckungen, die das Entweichen flüchtiger Anteile reduzieren, als auch Dachkonstruktionen gegen den Regen eingesetzt. Die Bauzeiten und Kosten sind relativ hoch und die Brandbeständigkeit durch die Erweichungstemperatur von Stahl ab ca. 450 °C zwar höher als bei polymeren Wänden, aber dennoch limitiert. Außerdem halten diese Stahlwände in der Regel dem Beschuss durch Handfeuerwaffen stand. Problematisch sind die aufschwimmenden Abdeckungen, deren Ränder das Entweichen giftiger und brennbarer Gase in die Atmosphäre nicht völlig verhindern können und deren umlaufende Dichtungsringe sich bei Blitzschlägen zu häufig entzünden. Ein Beispiel für diese Abdeckungen wird in US 2017/305657 A1 beschrieben.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung zielt daher darauf ab, eine Speicheranlage zu schaffen, welche großvolumig und kosteneffizient hergestellt und aufgebaut werden kann und die der Aufnahme brennbarer oder anderweitig gefährlicher oder schützenswerter Medien dienen kann. Weiters soll die Speicheranlage hohen Anforderungen an die Leckagesicherheit und die Verschmutzungssicherheit des Füllmediums genügen.

**[0012]** Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung bei einer Speicheranlage zum Speichern eines pumpfähigen Füllmediums der eingangs genannten Art im Wesentlichen vor, dass die Hülle von einer den Speicherraum allumschließenden Membranhülle gebildet ist und dass die Speicheranlage mindestens eine Abstützung zum Abstützen der Membranhülle und mindestens eine unter einem Bodenabschnitt der Membranhülle angeordnete Bodenabdichtung aufweist, die eine Abdichtungsschicht und eine zwischen der Abdichtungsschicht und dem Bodenabschnitt der Membranhülle angeordnete Abstandsschicht aus einem schüttfähigen stückigen Material umfasst.

**[0013]** Unter einem pumpfähigen Füllmedium wird im Rahmen der Erfindung jegliches Füllmedium verstanden, welches fließ- oder rieselfähig ist, sodass es mit geeigneten Fördermitteln ge-

pumpt werden kann. Pumpfähige Füllmedien umfassen Flüssigkeiten, insbesondere solche mit einer Viskosität kleiner als  $10^{17}$  mPa·s, und fließfähige (einen Fließfähigkeitsfaktor  $> 1$  aufweisende) Mischungen fester Partikel, deren Zwischenräume mit Flüssigkeiten oder Gasen gefüllt sein können, wie z.B. Sande, Kiese oder Schlämme. Gase fallen nicht unter den Begriff eines pumpfähigen Mediums solange sie nicht verflüssigt worden sind.

**[0014]** Die erfindungsgemäße Speicheranlage umfasst eine den Speicherraum allumschließende Membranhülle. Unter einer Membran wird im Rahmen der Erfindung ein Element verstanden, das sich unlimitiert in zwei Dimensionen (Breite und Länge) erstrecken kann, aber in der dritten Raumdimension (Dicke) so limitiert ist, dass es ohne plastische Verformung mit einem Radius von zumindest 5m um eine Achse parallel zu der in Breiten- und Längenrichtung aufgespannten Ebene biegsam ist. Unter einer den Speicherraum allumschließenden Membranhülle wird eine membranbasierte Hülle verstanden, die ein zu speicherndes Füllmedium auf allen Seiten dicht von äußeren Medien, wie z.B. Umgebungsluft oder Wasser, abtrennt. Die Membranhülle kann aus mehreren Hüllenabschnitten zusammengesetzt sein, die vorzugsweise stoffschlüssig miteinander verbunden sind, um zusammen eine durchgehende dichte Hülle auszubilden. Die allseitige Abdichtung kann lediglich punktuell für die Anordnung von Ventilen und Schleusen und dgl. unterbrochen sein.

**[0015]** Auf Grund des erfindungsgemäßen Aufbaus der Speicheranlage aus einer allumschließenden Membranhülle können überaus großvolumige Speicher geschaffen werden. Erfindungsgemäß weist die Speicheranlage einen Speicherraum mit einem Aufnahmeverolumen von mindestens 1.000 m<sup>3</sup> auf. Bevorzugt beträgt das Volumen des Speicherraums mindestens 10.000 m<sup>3</sup>, bevorzugter mindestens 100.000 m<sup>3</sup>. Die Membranhülle kann im vollständig befüllten Zustand des Speicherraums mindestens 1m, bevorzugt mindestens 2m, bevorzugt mindestens 5m, bevorzugt mindestens 10m oder mindestens 30m hoch sein.

**[0016]** Erfindungsgemäß weist die Speicheranlage eine Abstützung zum Abstützen der Membranhülle auf. Als Abstützung können hierbei externe Bauelemente dienen, welche die Membranhülle von außen abstützen. Alternativ oder zusätzlich kann die Abstützung in die Membranhülle integriert werden. Auf Grund der Abstützung können besonders hohe Speichervolumina erreicht werden.

**[0017]** Für das Speichern umweltschädlicher Medien in großvolumigen Anlagen werden hohe Anforderungen an die Leckagesicherheit gestellt. Um den Untergrund der Speicheranlage vor einer Kontamination zu schützen, sieht die Erfindung daher eine unter einem Bodenabschnitt der Membranhülle angeordnete Bodenabdichtung vor, die eine Abdichtungsschicht und eine zwischen der Abdichtungsschicht und dem Bodenabschnitt der Membranhülle angeordnete Abstandsschicht aus einem schüttfähigen stückigen Material umfasst. Die Abdichtungsschicht ist für das Speichermedium im Wesentlichen undurchlässig und soll im Normalbetrieb nicht mit dem Füllmedium in Berührung kommen. Die Abdichtungsschicht hat den Zweck, bei einem Leck der Membranhülle einen unkontrollierten Verlust des Füllmediums zu verhindern. Die Abdichtungsschicht wird bevorzugt von einer polymerbasierten Membran, einer Asphaltenschicht, einer Betonenschicht, einem Geopolymer oder einer Flüssigfolie gebildet. Eine Flüssigfolie kann von einem abdichtenden Lack z.B. aus Urea gebildet sein. Die Abdichtungsschicht kann auch eine Schicht verdichteter Erde oder Lehm umfassen oder von einem selbstabdichtenden System z.B. aus Bentonit oder Systemen wie z.B. von Trisoplast vertrieben, bestehen. Alternativ werden Ausbildungen ausgeschlossen, bei denen die Abdichtungsschicht aus einer Schicht verdichteter Erde oder Lehm besteht.

**[0018]** Wie bereits erwähnt, umschließt die Membranhülle den Speicherraum allseitig und umfasst daher auch einen die Speicherraum oben abdeckenden Dachabschnitt. Die Erfindung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die Membranhülle im Dachabschnitt ein aufschwimmendes Dachelement mit Auftriebselementen aufweist. Ein derartiges aufschwimmendes Dachelement ist im Stand der Technik für aufschwimmende Wasserreservoirabdeckungen bekannt und kann mit Schwimmern, Regenwasser-Rinnen, einem Sumpf am tiefsten Punkt, einer Pumpe für das Abpumpen und weiteren typischen Ausformungen versehen werden. Das Dachelement kann im

Zentrum des Dachabschnitts angeordnet sein und aus aufschwimmendem, mit Auftriebselementen versehenen Metallblech bestehen. Nur in einer Randzone muss ein solches Dachelement aus elastischem oder faltbarem Material bestehen. Alternativ kann ein Teil des aufschwimmenden, insbesondere plattenförmigen Dachelements auch aus anderen steifen Materialien wie z.B. Beton gefertigt werden. Die steifen Materialien können auch mit den beschriebenen flexiblen Optionen kombiniert werden, z.B. indem die Membranhülle mit einem Blech verstärkt wird oder indem Betonplatten oder Betonschaum-Sandwichplatten die Membranhülle verstärken und schützen.

**[0019]** Die zwischen der Abdichtungsschicht und der Membranhülle angeordnete Abstandsschicht kann aus einem granularen Material wie z.B. Schotter und/oder Sand aufgeschüttet werden bzw. von einem Schotter- oder Sandbett gebildet sein. Das Bett aus dem schüttfähigen stückigen Material kann mit einem Fluid, wie z.B. Wasser geflutet sein, das z.B. austretendes Öl nach oben steigen lassen kann. Geometrisch bedingt hat das unmittelbar durch die Abdichtungsschicht abgedichtete Volumen unter dem Speicherraum ein geringfügig höheres Volumen als das durch die Membranhülle begrenzte Speichervolumen, sodass damit oft schon die Bedingung eines geforderten Rückhaltebeckens erfüllt werden kann, sodass ggf. ein separates umlaufendes Rückhaltebecken entfallen oder deutlich kleiner ausfallen kann.

**[0020]** Der zweischichtige Bodenaufbau aus dem Bodenabschnitt der Membranhülle und der Abdichtungsschicht kann durch wenigstens eine weitere Abdichtungsschicht erweitert werden, wenn eine drei- oder mehrfache Abdichtung gefordert wird. Zwischen zwei benachbarten Abdichtungsschichten kann jeweils eine Abstandsschicht der oben beschrieben Art angeordnet sein, d.h. eine Abstandsschicht aus granularem Material.

**[0021]** Zur Verbesserung der Abdichtungseigenschaften der Speicheranlage kann die Bodenabdichtung auch in die Wände hochgezogen bzw. in den Wänden weitergeführt werden. Zu diesem Zweck sieht eine bevorzugte Ausbildung vor, dass die Bodenabdichtung sich vom Bodenabschnitt ausgehend unter einen Wandabschnitt der Membranhülle erstreckt und eine den Wandabschnitt abdichtende Wandabdichtung ausbildet. Dies bedeutet, dass sich die oben erwähnte Abdichtungsschicht oder, im Falle einer Drei- oder Mehrfachabdichtung, die Abdichtungsschichten in die Wände des Speichers erstreckt bzw. erstrecken.

**[0022]** Hinsichtlich der Abdichtung kann weiters bevorzugt vorgesehen sein, dass zwischen der Abdichtungsschicht und dem Boden- und ggf. dem Wandabschnitt der Membranhülle ein fluiddichter Abdichtungsraum ausgebildet ist, der mit einem Abdichtungsfluid gefüllt ist. Bei einer solchen Ausbildung ist es günstig, wenn die Unterseite des Speichervolumens eine ausreichende zum Rand hinaufsteigende Neigung aufweist. Hinsichtlich des Abdichtungsfluids sind Flüssigkeiten günstig, die eine höhere Dichte aufweisen als das Füllmedium und in denen das Füllmedium im Wesentlich unlöslich ist. Weiters sollte die Viskosität ein Fließen bei der gegebenen Porengröße, Temperatur und Auftriebskraft erlauben und die Membranhülle dem Druck des Abdichtungsfluids standhalten, der an jedem Punkt höher als der Innendruck sein kann.

**[0023]** Das genannte Abdichtungsfluid kann Stoffe beinhalten, die chemische Schadstoffe aus dem Füllmedium binden oder immobilisieren können, wobei dann die Detektierbarkeit eines Lecks anderweitig sichergestellt werden muss.

**[0024]** Was die seitliche Abstützung der Membranhülle betrifft, sieht ein bevorzugte Weiterbildung der Erfindung vor, dass die Abstützung ein den Bodenabschnitt und einen den Bodenabschnitt allseits umgebenden Wandabschnitt der Membranhülle abstützendes Becken umfasst. Das Becken ist bevorzugt von einem von einem Erdwall begrenzten Erdbecken gebildet, sodass natürlich vorhandene Geländeformen genutzt werden können, die ggf. durch künstlich aufgeschüttete Erdwälle oder andere Dämme oder Wände (z.B. aus Beton oder Stahl) ergänzt werden können. Bei der Suche nach einem geeigneten Standort für die Speicheranlage können geomorphologischen Daten herangezogen werden, um die erforderlichen Erdbewegungsarbeiten zu minimieren. Im Falle eines Beckens, das von einem künstlich aufgeschütteten Wall begrenzt ist, kann der Wall aus einem beliebigen schüttfähigen Material aufgebaut sein, wie z.B. aus Sand, Kies und dgl.

**[0025]** Das die Membranhülle seitlich abstützende Becken kann sich über die gesamte Höhe oder über einen Teil der Höhe des Speicherraums, wie z.B. über > 50% der Höhe des Speicherraums, erstrecken. Wenn sich das Becken über die gesamte Höhe des Speicherraums erstreckt, sodass das Membranhüllenvolumen im vollen Zustand des Speichers vollständig im Becken aufgenommen ist, entstehen in der Membranhülle keine seitlich abzuleitenden Zugkräfte, weil sich jeder Flächenabschnitt der Membranhülle unmittelbar am Füllmedium, nämlich an der Oberseite am Füllmedium aufliegend und an den Wand- und Bodenflächen, abstützen kann.

**[0026]** Statt eines natürlichen Erdbeckens oder eines künstlich aufgeschütteten Walls kann das Becken auch von einem Stahltank oder Stahlspeicher mit vertikaler Achse gebildet sein, der innen mit der Membranhülle versehen bzw. ausgekleidet wird, deren Volumen sich dem Füllstand anpasst, sodass das Fluid an keinem Punkt an die Umgebungsluft angrenzt. Die Anpassung des Volumens an den Füllstand kann dadurch erfolgen, dass zumindest eine Membranseite aus elastischem Material aufgebaut ist. Alternativ kann die Zylindermantelfläche der Membranhülle nach Art eines Faltenbalgs aufgebaut sein. Der Raum zwischen Membranhülle und dem Untergrund kann mit Maßnahmen zur Reduktion des Reibungswiderstands versehen sein, wie z.B. einer festen Beschichtung der Stahlwand oder der Membranhülle mit niedrigem Gleitkoeffizient (wie z.B. PTFE oder DLC) und/oder der Aufbringung eines Schmierö/-fetts.

**[0027]** Um im Falle eines unbeabsichtigten Austretens des Füllmediums negative Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren, kann gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ein Rückhaltebecken vorgesehen sein, welches den Speicherraum, insbesondere das Becken, ringförmig oder auch nur auf einem Teil des Umfangs umgibt.

**[0028]** Was den Aufbau der Membranhülle betrifft, sind je nach Anwendungsfall folgende bevorzugte Ausbildungen denkbar. In vorteilhafter Weise umfasst die Membranhülle eine Trägermembran, welche die grundlegende Abgrenzung und Abdichtung des Speicherraums sicherstellt und den jeweiligen Anforderungen entsprechend mit zusätzlichen Schichten, Elementen oder Eigenschaften versehen sein kann. Für die Realisierung einer Wärmedämmung kann die Membranhülle, vorzugsweise an der dem Speicherraum zu- oder abgewandten Seite der Trägermembran, beispielsweise eine wärmedämmende Beschichtung aufweisen, die vorzugsweise aus einem Polymerschaum oder einem mineralbasierten Schaum oder geschäumtem Granulat besteht. Um dem Druck im Bodenbereich des Speichers standhalten zu können, kann der mineralbasierte Schaum oder ein mineralbasiertes Vlies dort in fluidgefüllten Kissen enthalten sein. Geschäumtes Granulat kann vorteilhafterweise die Aufgabe des oben beschriebenen granularen Materials zwischen Abdichtungsschicht und der Membran mit übernehmen.

**[0029]** Im Dachbereich der Membranhülle kann die Wärmedämmung insbesondere für die aufschwimmenden Abdeckung mineralische oder gläserne Vliese oder geschlossenzellige Schäume umfassen, die auch bei einem Feuer außen lange die Dämmung aufrechterhalten können. Besonders vorteilhaft sind Materialien mit Intumeszenz-Eigenschaften. Falls ein nicht brennbares Füllmedium gespeichert werden soll, sind Polymerschäume und andere brennbare Dämmstoffe einsetzbar.

**[0030]** Weiters kann die Membranhülle, vorzugsweise an der dem Speicherraum abgewandten Seite der Trägermembran, insbesondere an der Außenseite, eine die Wärmestrahlung reflektierende metallische Schicht aufweisen, wie z.B. eine Aluminiumfolie oder Aluminiumbedampfung.

**[0031]** Die Membranhülle kann weiters an der dem Speicherraum zu- und/oder abgewandten Seite der Trägermembran eine wärmedämmende Schicht aus mineralischen Textilien aufweisen, z.B. Glas-, Basalt- oder Keramikbasierte Textilien. Die wärmedämmende Schicht kann alternativ mineralisches Schaum-Granulat enthalten, wie z.B. Perlit oder Vermiculit, das z.B. in ein Vlies eingebunden, in einen Distanzgewebe-Zwischenraum oder in außerhalb der Membran angeordnete Behälter, wie z.B. Schläuchen oder Sandsäcken, eingefüllt werden kann.

**[0032]** Die wärmedämmende Schicht kann weiters Intumeszenz-Material, wie z.B. Bläh-Graphit oder 2K-Epoxy, umfassen.

**[0033]** Die wärmedämmende Schicht kann weiters als wärmespeichernde Schicht ausgebildet

sein, und ein Material mit einer hohen spezifischen Wärmekapazität von z.B.  $> 2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$  aufweisen oder aus diesem bestehen, insbesondere ein granulares mineralisches Material mit hoher thermischer Masse. Die wärmespeichernde Schicht kann alternativ ein Latentwärmespeichermaterial aufweisen oder aus diesem bestehen, wie z.B. Hohlkugeln enthaltend ein Phasenübergangsmaterial, das z.B. in ein Vlies oder in einen Distanzgewebe-Zwischenraum eingebettet werden kann. Das Latentwärmespeichermaterial kann als Phasenwechselmaterial ausgebildet sein, das bevorzugt einen Phasenübergangsenthalpie von  $> 500 \text{ kJ/m}^2$  aufweist.

**[0034]** Eine Wärmedämmung kann auch durch eine Schicht oder eine Beschichtung erreicht werden, welche mindestens 20%, mindestens 30%, mindestens 40%, mindestens 50%, mindestens 70% oder mindestens 90% der eingestrahlten elektromagnetischen Energie mit Wellenlängen von 0,5 - 50  $\mu\text{m}$  reflektiert.

**[0035]** Weiters kann die Membranhülle an der dem Speicherraum zu- und/oder abgewandten Seite der Trägermembran eine passiv kühlende Schicht aufweisen, die z.B. auf ausgasenden Materialien wie Gips oder Kalziumsilikat basieren kann oder auf ablativen Materialien wie Phenolharze oder sublimierenden Materialien.

**[0036]** Alternativ kann eine aktiv kühlende Schicht vorgesehen sein, die durch zumindest eine in die Membran integrierte Kavität zumindest ein Kühlmedium führt. Es kann aber auch die nach oben weisende Oberfläche über so hoch-emittierende Eigenschaften verfügen, dass selbst in praller Sonne eine Abkühlung durch die Abstrahlung in den Weltraum unter die Umgebungstemperatur möglich ist. Dies wird vom Fachmann unter Anderem „radiative cooling“ genannt.

**[0037]** Wenn die Temperatur des Füllmediums über der Umgebungstemperatur gehalten werden soll, z.B. falls das Speichermedium für das Halten aquatischer Organismen oder als Fermenter genutzt werden soll, kann im Speicherraum eine Heizeinrichtung angeordnet sein, mit welcher das Füllmedium in Kontakt kommt, wie z.B. das Füllmedium durchquerende Heizschlangen. Ergänzend zu einer Heizeinrichtung kann der Dachabschnitt der Membranhülle einen Solarkollektor aufweisen oder als Solarkollektor ausgeführt sein, indem eine transparente Wärmedämmung eingesetzt wird, die auch als selbstverschließende Schicht (z.B. vorgespannte Schäume) ausgeführt sein kann. Optional kann unmittelbar an das Speicherfluid angrenzend eine hoch absorbierende, z.B. schwarze Folie angeordnet werden und/oder eine thermochrome Schicht als Überhitzungsschutz eingesetzt werden. Auch andere chromatische Effekte oder bekannte Mechanismen zur Unterbindung der Kollektorfunktion können als Überhitzungsschutz eingesetzt werden.

**[0038]** Für die Aufbewahrung bestimmter versorgungskritischer Füllmedien müssen erhöhte Sicherheitsstandards eingehalten werden, die dafür sorgen, dass die Speicheranlage ballistischen Angriffen standhält. Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die Membranhülle im Dachabschnitt oder das aufschwimmende Dachelement an der Außenseite eine ballistische Schutzschicht aufweist. Die ballistische Schutzschicht ist insbesondere an den frei an die Luft angrenzenden Flächen der Membranhülle angeordnet, wie beispielsweise dem Dachabschnitt der Membranhülle oder dem aufschwimmenden Dachelement.

**[0039]** Für die ballistische Schutzschicht bieten sich Füllungen oder Schichten an, die entweder auf dem Prinzip von Sandsäcken, auf nichtnewtonschen Fluiden oder Gelen, oder auf selbstverschließenden Mechanismen basieren. Im Folgenden werden bevorzugte Beispiele für die ballistische Schutzschicht beschrieben.

- Zumindest eine Teilfläche der Membranhülle kann durch eine Schicht aus einem nichtnewtonschen Fluid oder Gel vor Projektilen geschützt werden, indem es sich beim Auftreffen des Projektils verhärtet und damit die Energie über eine große Fläche verteilt, wobei das Fluid oder Gel durch orientierte oder unorientierte Fasern verstärkt werden kann.

- Zumindest eine Teilfläche der Membranhülle kann über eine Panzerung verfügen, die aus an der Außenseite befestigten Säcken oder Schläuchen besteht, die Sand oder Schotter beinhalten können und die außen wasserdicht sein können, um von einem Fluid durchströmt werden zu können.

- Zumindest eine Teilfläche der Membranhülle kann über eine Schicht verfügen, die selbstheilend ist, sodass sich undichte Stellen, die z.B. durch Beschuss von Handfeuerwaffen entstehen, wieder verschließen.

hen, selbständig wieder verschließen, wobei dafür ein Schaum oder eine aufschwellende Schicht eingesetzt wird. Der Schaum kann eine Weichschaum sein, der unter Vorspannung steht, um in ein entstandenes Loch hinein zu expandieren. Der Schaum kann Zellen oder Mikrobehälter beinhalten, die mit den beiden Komponenten eines 2-Komponenten Polymers befüllt sind und die bei einer Verletzung des Schaums freigesetzt werden, sich vermischen und aushärten, was zu einer Verklebung der Öffnung führt. Die aufschwellende Schicht kann auf absorbierenden Polymeren basieren, die als durchgängige Schicht, als kleine Kugeln oder Partikel oder Fasern oder eine Kombination daraus in die Membran eingebunden sind. Das absorbierende Polymer kann ausgebildet sind, um bei Kontakt mit dem Speichermedium auf ein Vielfaches des Ursprungsvolumens aufzuschwellen. Das absorbierende Polymer kann ausgebildet sein, um bei Kontakt mit dem Abdichtungsfluid auf ein Vielfaches des Ursprungsvolumens anzuschwellen. Das aufschwellende Polymer kann zusätzlich bei Kontakt mit dem jeweiligen Auslöserfluid eine Verdickungsreaktion zu einer klebrigen verdickten Materialmasse ähnlich der Koagulation oder Gerinnung von Blut zeigen, sodass sich der Abfluss aus jedem Leck schnell selbst blockiert. Das aufschwellende Volumen kann in der Richtung normal zur Membranfläche unter Druck bzw. Vorspannung stehen, sodass das aufschwellende Material parallel zur Membranfläche in jedes sich bietende Leck gedrückt wird, weil dort der lokale Druck niedriger ist, und dort verdicken und/oder aushärten kann.

**[0040]** Eine weitere Anforderung an Speicheranlagen ist deren Feuerfestigkeit. Membranbasierte Speicher müssen spezielle Merkmale aufweisen, um bei der Speicherung von Kohlenwasserstoffen, wie z.B. Öl, Diesel etc, eine ähnliche Feuerfestigkeit zu erreichen wie herkömmliche Stahltanks, d.h. einem Kohlenwasserstoff-Feuer gleich lang oder länger standhalten als Stahltanks, ohne strukturell nachzugeben. Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die Membranhülle im Dachabschnitt oder das aufschwimmende Dachelement als äußerste Schicht eine hitze- und feuerbeständige Schutzschicht z.B. aus einem Textil aus Glas- oder Keramikfasern aufweist. Zusätzlich kann auf der Schutzschicht eine intumeszierende Schicht und/oder eine wärmestrahlungsreflektierende Schicht angeordnet werden. Die wärmereflektierenden Eigenschaften können durch eine weiße oder metallisch reflektierende Farbe oder Beschichtung erreicht werden.

**[0041]** Wenn das Füllmedium ein brennbares Fluid ist, können für den Brandfall der Membranhülle benachbart Brandlöschanlagen angeordnet werden, die z.B. einen Schaumteppich vom Rand zur Mitte des Dachabschnitts der Membranhülle hin ein- bzw. aufbringen, und zwar entweder ober- oder unterhalb des Dachabschnitts. Alternativ kann eine Einbringung von speziellen Schäumen vom Bodenabschnitt der Membranhülle aus in den Speicherraum erfolgen. Die Schäume steigen dann durch das Füllmedium an die Oberfläche. Besonders dünnflüssige Schäume können auch in den Zwischenraum zwischen Schichten einer doppel- oder mehrwandigen Membranhülle gepresst werden und finden durch das Druckgefälle ebenso das den Brandherd bildenden Leck, wie wenn der Schaum unter der Membranhülle in den Speicherraum, d.h. zwischen Dachabschnitt und Füllmedium, gepresst wird.

**[0042]** Die Löschanlagen können angeordnet und ausgebildet sein, um ein Löschenmittel, wie z.B. einen Löschschaum, vom oberen äußeren Rand eines Abstützbeckens oder der Membranhülle aus über oder unter die Membranhülle und ggf. in ein Rückhaltebecken einzubringen. Alternativ oder zusätzlich können Löschanlagen angeordnet und ausgebildet sein, um ein Löschenmittel vom Boden der Membranhülle aus durch das Füllmedium zu dessen Oberfläche aufsteigen zu lassen.

**[0043]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Membranhülle eine chemisch gegenüber dem Füllmedium beständige Schicht oder Beschichtung aufweist. Diese Schicht ist an der Innenseite der Membranhülle zum Füllmedium hin angeordnet und kann im Falle von Mineralölprodukten beispielsweise aus einem Polyurethan bestehen.

**[0044]** Wenn besonders aggressive Chemikalien, wie z.B. Natronlauge oder diverse Säuren, oder bzgl. einer Kontamination sensible Füllmedien, wie z.B. Lebensmittel wie Milch, Fruchtsäfte, alkoholische Getränke und ihre Konzentrate, gespeichert werden sollen, kann die Membranhülle auf der Innenseite mit halogenisierten Polymeren wie PTFE, PVC oder mit einer Metallfolie oder

mit aufgebrachten Beschichtungen wie beispielsweise dünnen SiOx-Schichten versehen werden. Edelstahlfolien können z.B. verschweißt und verschliffen werden, sodass das Füllmedium so wie bei durchgängig aus Edelstahl gefertigten Tanks ausschließlich damit in Berührung kommt.

**[0045]** Während die Beschaffenheit der Membranhülle an der Innenseite im Hinblick auf den Kontakt mit dem Füllmedium ausgewählt wird, stehen an der Außenseite der Membranhülle, d.h. an der an die Luft angrenzenden Membranhüllenfläche, die Schutzeigenschaften gegenüber äußeren Einflüssen im Vordergrund. An der Außenseite kann zumindest eine oder mehrere der folgenden Schichten angeordnet sein, wie teilweise bereits oben beschrieben, wobei die angeführten Schichten in beliebiger Reihenfolge angeordnet werden und auch mehrfach vorkommen können:

- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 0,001-1 mm, bevorzugt 0,1-0,001 mm, besonders bevorzugt 0,01-0,001 mm, die aus metallischen, keramischen, polymeren Schichten oder Pigmenten aufgebaut ist und die > 50% der eingestrahlten elektromagnetischen Energie im Frequenzbereich von  $10^{12}$  bis  $10^{16}$  reflektiert, aber optional porös genug sein kann, um ausgasende Stoffe (auch aus anderen z.B. darunter liegenden Schichten) passieren zu lassen, oder die UV-inert ist, sodass sie bei einer Bestrahlungs-Simulation von 100 Jahren Sonnenlicht keine Alterung, d.h. keine Verschlechterung der Zugfestigkeit um mehr als 5%, aufweist,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 1-300 mm, bevorzugt 10-200 mm, besonders bevorzugt 50-150 mm, die durch Abgabe von Ausgasungen im Brandfall kühlend wirkt und z.B. aus Gips, Kalziumsilikat und/oder ablativen (z.B. Phenolharzen) und/oder sublimierenden Materialien besteht und die mit leichten Zuschlagstoffen (z.B. Vermiculit) zur besseren Dämmung sowie Verstärkungsfasern versetzt werden kann,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 1-1000 mm, bevorzugt 5-500 mm, bevorzugt 10-300 mm, bevorzugt 15-200 mm, besonders bevorzugt 20-100 mm, aus Mineral- oder Glasfasern oder einem geschäumten Material oder Granulat aus geschäumtem Material, die wärmedämmend wirkt und so vorgespannt sein kann, dass Löcher selbstständig wieder verschlossen werden,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 1-200 mm, bevorzugt 5-100 mm, besonders bevorzugt 10-50 mm, aus einem intumeszierenden Material, wie z.B. Wasser- oder lösemittelbasierten 1- oder 2-komponenten Polymer-Systemen und/oder mineralischen Stoffen wie expandierendem Graphit, Perlit oder Vermiculit, die durch mineralische oder polymere Binder (z.B. Wasserglas oder Epoxidharze) und mineralische oder metallische Verstärkungsfasern verstärkt werden können,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 1-1000 mm, bevorzugt 50-500 mm, besonders bevorzugt 100-250 mm, die in metallischen oder mineralischen Partikeln oder in Phasenübergangsmaterial-haltigem Granulat, die über ein Distanzgewebe oder die Einbindung in ein Vlies örtlich fixiert werden, Wärme speichern und ballistische Energie aufnehmen kann,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 0,001-10 mm, bevorzugt 0,01-4 mm, besonders bevorzugt 0,5-2 mm, aus Metall, das im Kern teilweise geschäumt und an den Oberflächen mit metallischen, mineralischen und/oder polymeren Schichten versehen sein kann,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 0,1-200 mm, bevorzugt 10-200 mm, besonders bevorzugt 50-150 mm, aus einem Textil, das aus unbrennbaren (z.B. mineralischen oder metallischen) oder schwer entflammbaren Fasern (z.B. Aramiden, Polyimiden, Halogenwasserstoffen, Silikonen) besteht,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 0,1-10 mm, bevorzugt 1-5 mm, besonders bevorzugt 0,5-2 mm, die abdichtend wirkt und aus Polymeren besteht, die nach DIN EN75-1,-2,-3 eine Wärmeformbeständigkeit HTD B > 150°C aufweisen, wie z.B. die meisten Aramide, Polyimide, halogenisierten Polymere oder Silikone,
- eine Schicht mit einer Dicke von bevorzugt 1-500 mm, bevorzugt 50-300 mm, besonders bevorzugt 100-200 mm, die abdichtend wirkt und aus mineralischen Partikeln (z.B. Lehm oder Bentonit) und/oder Fasern (z.B. Glimmer, Graphit, Mineralfasern) besteht.

**[0046]** Wie bereits erwähnt, weist die Speicheranlage eine Abstützung zum Abstützen der Membranhülle auf, insbesondere externe Bauelemente, wie z.B. ein den Boden- und den Wandabschnitt der Membranhülle abstützendes Becken. Hinsichtlich der Abstützung des die Wand des

Speichers bildenden umlaufenden Wandabschnitts der Membranhülle ist zu berücksichtigen, dass dort jene Zugkräfte entstehen, die durch den Dichteunterschied zwischen Füllmedium (z.B. Wasser oder Öl) und dem Umgebungsmedium (z.B. Luft) entstehen und die abgeleitet und ausgeglichen werden müssen, um eine statische Stabilität zu erreichen. Die Aufnahme dieser Zugkräfte kann in Ergänzung zu der bereits erwähnten externen Abstützung oder alternativ hierzu durch folgende Maßnahmen erreicht werden.

**[0047]** Die Zugkräfte können beispielsweise als vertikal in der Wand verlaufende Spannungen über den Dachabschnitt oder das Dachelement und den Bodenabschnitt der Membranhülle mit der jeweils gegenüberliegenden Seite ausgeglichen werden.

**[0048]** Statt die Zugkräfte hierbei gleichmäßig verteilt in dem Dachabschnitt und dem Bodenabschnitt der Membranhülle aufzunehmen, können die Kräfte auch über bündelnde Zugelemente, wie z.B. in Seilen, Ketten, Stangen oder dgl. abgeleitet werden, die sich als separate Elemente über den Dach- bzw. Bodenabschnitt erstrecken oder in den Wand- bzw. Bodenabschnitt integriert sind. Die bündelnden Zugelemente stützen die Membranhülle hierbei derart, dass sie auf Zug belastet sind.

**[0049]** Alternativ kann der Wandabschnitt der Membranhülle im Umfang etwas kürzer als notwendig ausgeführt werden, sodass die horizontal in der Wand verlaufenden Spannungen sich über den Umfang gegenkompensieren. Statt die Zugkräfte hierbei gleichmäßig verteilt in dem Wandabschnitt der Membranhülle aufzunehmen, können die Kräfte auch über bündelnde Zugelemente, wie z.B. in Seilen, Ketten, Stangen oder dgl. abgeleitet werden, die sich als separate Elemente über den Wandabschnitt erstrecken oder in den Wandabschnitt integriert sind.

**[0050]** Die bündelnden Zugelemente können in einem Abstand zueinander von 1-10 m, vorzugsweise 1-5 m, insbesondere 1-2 m angeordnet sein.

**[0051]** Die bündelnden Zugelemente können vertikal oder schräg vertikal verlaufen. Beispielsweise können die bündelnden Zugelemente von der Linie, an der die Membranhülle den Untergrund berührt, bis zum höchsten Punkt der Membranhülle im vollständig befüllten Zustand verlaufen.

**[0052]** Mindestens ein bündelndes Zugelement kann horizontal oder schräg horizontal die Seitenwand zumindest über einen Teil des Membranhüllenumfangs, insbesondere über den gesamten Membranhüllenumfang, umspannen.

**[0053]** Hierbei kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die im Wesentlichen vertikalen bündelnden Zugelemente und die im Wesentlichen horizontalen bündelnden Zugelemente so miteinander Zusammenwirken oder so miteinander verbunden sind, dass die im Wesentlichen vertikalen bündelnden Zugelemente ihre Kräfte in die im Wesentlichen horizontalen Zugelemente einleiten und/oder umgekehrt.

**[0054]** Weiters kann vorgesehen sein, dass ein Teil der in einer Seitenwand entstandenen Zugkräfte in den Untergrund eingeleitet wird, indem mindestens ein bündelndes Zugelement zum Bodenabschnitt der Membranhülle verläuft und dort mit wenigstens einem am Rand des Bodenabschnitt oder ggf. unterhalb des Bodenabschnitts angeordneten Verankerungselement, wie z.B. einem Erdanker, Erdhaken oder Punktfundament, verbunden ist.

**[0055]** Weiters kann ein Teil der in einer Seitenwand entstehenden Zugkräfte in den Untergrund eingeleitet werden, indem mindestens ein bündelndes Zugelement nach oben zum Dachabschnitt der Membranhülle und von dort durch den Speicherraum schräg nach unten verläuft, um schließlich die vertikalen Zugkräfte durch den Bodenabschnitt hindurch in den Untergrund einzuleiten. Zu diesem Zweck kann das bündelnde Zugelement mit einem Verankerungselement, wie z.B. einem Erdanker oder Erdhaken, verbunden sein.

**[0056]** Weiters können bündelnde Zugelemente gegenüberliegende Seitenwände so über die Oberseite und/oder unter der Unterseite der Membranhülle verbinden, dass sich die eingeleiteten Zugkräfte zumindest teilweise gegenseitig aufheben und nicht in den Untergrund eingeleitet werden müssen.

**[0057]** Der Bodenabschnitt der Membranhülle kann durch einen ausreichend hohen Reibungskoeffizienten zum Untergrund und/oder Vorrichtungen zur Verhakung oder Verankerung im Untergrund entlastet werden. Die Verhakung benötigt weniger Aufwand und kann auch direkt mit der Membranhülle vernäht werden. Je nach Füllstand steigen die Zugkräfte an, damit aber auch das Gewicht, das die Haken in den Untergrund drückt. Dabei ist eine ausreichend steife und ausreichend große Zone in der Membranhülle über und um die Haken vorzusehen, um die nach oben wirkenden Kraftkomponente bei allen Füllständen überkompensieren zu können.

**[0058]** Der Dachabschnitt der Membranhülle kann durch einen umlaufenden oder mehrere umlaufend angebrachte Auftriebskörper entlastet werden, wie dies von handelsüblichen selbst aufschwimmenden bzw. selbstentfaltenden Swimmingpools bekannt ist, in Kombination mit Schrägabspannungen im Speicherraum, welche die Kräfte in Erdanker oder Verhakungen ableiten.

**[0059]** Die Kräfte in der seitlichen Wand können auch ganz oder zum Teil von nicht notwendigerweise über den ganzen Umfang durchgängigen, außenstehenden steifen Strukturen z.B. aus Stahl, Beton, Holz oder dgl. in den Boden abgeleitet werden. Damit wird der Wandabschnitt der Membranhülle deutlich entlastet.

**[0060]** Der die umlaufende Wand des Speichers bildenden Wandabschnitt der Membranhülle kann sich abhängig vom Füllstand in der Form anpassen, sodass sich beispielsweise bei niedrigem Füllstand eine niedrigere Erstreckung in Höhenrichtung ergibt als bei höherem Füllstand. Insbesondere kann der Wandabschnitt die Form eines Faltenbalgs aufweisen, wobei die Falten vorzugsweise horizontal aber auch vertikal, schräg oder ungeordnet ausgeprägt sein können.

**[0061]** Gemäß einer weiteren bevorzugen Ausführungsform kann eine Traglufthalle in Abstand von der Membranhülle über diese und ggf. über ein allfälliges Rückhaltebecken gespannt sein, um sowohl Regen und Verschmutzungen fernzuhalten als auch um als weitere Schutzmaßnahme eine Schutzgasatmosphäre (beispielsweise Sauerstoffmangel) darunter vorzuhalten. Im Falle der Anordnung mehrere Fluidspeicher kann die Traglufthalle über mehrere Speicher und/oder Rückhaltebecken gespannt sein.

**[0062]** Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung kann der Speicherraum durch wenigstens eine Membranwand in mindestens zwei Sektionen unterteilt sein. Dadurch können im Speicherraum unterschiedliche Fluide gelagert werden oder es können z.B. in einer Aquakultur unterschiedliche Bereiche eines Beckens abgetrennt werden, z.B. für die Wasseraufbereitung und Wassertierhaltung oder unterschiedliche Wassertiergrößen /-arten. Eine Membranwand kann auch fluiddurchlässig ausgeführt sein, z.B. wenn man Fische in einer Sektion halten, aber das Wasser durchströmen lassen möchten. Wenn die Füllstände der so geschaffenen Sektionen variieren sollen, muss die wenigstens eine vertikale Membran Zugkräfte aufnehmen können und kann daher ähnlich des Wandabschnitts der Membranhülle ausgeführt werden. Wenn die Füllstände der aneinander grenzenden Sektionen im Normalbetrieb gleich sein sollen, reicht eine einfach aufgebaute, flexible oder sogar starre Membran.

**[0063]** Die wenigstens eine Membranwand kann auch horizontal verlaufen und entweder dicht oder teildurchlässig sein. Mit einer solchen Membranwand lassen sich horizontale Fluidschichten vorteilhaft übereinander lagern, wenn die Dichte der Füllmedien von unten nach oben abnimmt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die oberste so entstandene Kammer mit einem Löschschaum präventiv gefüllt wird, dessen Fluid an einem durch einen Ballast vordefiniertem tiefsten Punkt laufend gesammelt und neu aufgeschäumt wird. Dieser Löschschaum kann z.B. mit Schutzgas (Sauerstoffmangel) hergestellt sein und stellt eine permanente Barriere zwischen dem Luftsauerstoff und dem Füllstoff dar, der auch jedes Loch dynamisch auffüllt.

**[0064]** Gemäß einem anderen Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung einer erfindungsgemäßen Speicheranlage zur Speicherung eines pumpfähigen Füllmediums ausgewählt aus ionischen (auch anorganischen) Fluiden, Erdöl, organischen Substanzen die z.B. aus fossilen, biologischen oder elektrolytisch hergestellten Rohstoffen gewonnen werden, Stickstoff-basierten Fluiden (z.B. Ammoniak), verflüssigten Gasen (z.B. Erdgas), Wasser-basierten Medien wie Abwässern oder Getränken (z.B. Fruchtsäfte, Bier) oder (Photo-)Bioreaktoren (z.B. für die

rote / weiße Biotechnologie, für Gärbehälter der Bier oder Weinproduktion, für Bakterien-, Pilz-, Algen- und Aquakulturen und Biogas- sowie Kläranlagen), chemischen Reaktoren (z.B. für enzymatische, katalytischen und/oder thermische Reaktionen, z.B. für das Sulfat- oder Sulfit-Verfahren), Sande, Schotter, Pellets, Schlämme und Slurries (z.B. Eis-Wasser), rieselfähige landforst- und wasserwirtschaftliche Produkte (z.B. Getreide, Erbsen, Frucht-Muse), Pulver (z.B. Zement, Stärke, Mehl, Milch- und Waschpulver), Industriechemikalien (z.B. Natronlauge, Salzsäure, Salzlaugen).

**[0065]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 eine Speicheranlage, Fig. 2 eine Detailansicht des Schichtaufbaus im Bodenbereich, Fig. 3 eine erste Variante der Membranhülle im Dachabschnitt, Fig. 4 eine zweite Variante der Membranhülle im Dachabschnitt, Fig. 5 eine weitere Speicheranlage, Fig. 6 eine weitere Speicheranlage, Fig. 7 eine Detailansicht des Schichtaufbaus im Bodenbereich, Fig. 8 eine erste Variante der Membranhülle im Dachabschnitt, Fig. 9 eine zweite Variante der Membranhülle im Dachabschnitt, Fig. 10 bis Fig. 14 verschiedene Ausführungsformen der Abstützung der Membranhülle, wobei Fig. 12 eine erfindungsgemäße Ausführungsform darstellt, Fig. 15 bis Fig. 17 weitere Ausführungsformen der Abstützung der Membranhülle, und Fig. 18 eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Speicheranlage.

**[0066]** In Fig. 1 ist eine Speicheranlage 1 dargestellt, welche einen Speicher 10 mit einer Hülle 2 und einem von der Hülle 2 umschlossenen Speicherraum 3 aufweist, wobei die Hülle von einer den Speicherraum 3 allumschließenden Membranhülle 2 gebildet ist. Die Membranhülle 2 umfasst einen Bodenabschnitt 4, einen Wandabschnitt 5 und einen Dachabschnitt 6, die entweder einstückig miteinander ausgebildet sind oder aus stoffschlüssig miteinander verbundenen Flächenelementen zusammengesetzt sind. Zur Abstützung der Membranhülle 2 ist ein von einem Erdwall 7 gebildetes Becken vorgesehen, wobei der Erdwall 7 durch Erdanker oder Fundamente 13 in seiner Position gesichert sein kann. Den Erdwall 7 umgibt ein ringförmiges Rückhaltebecken 8. Eine Traglufthalle 9 überspannt den Speicher 2 und das Rückhaltebecken 8 und ist an einer das Rückhaltebecken 8 außen begrenzenden Abgrenzung 11 befestigt.

**[0067]** Für den Brandfall sind am Erdwall 7 schematisch angedeutete Brandlöschvorrichtungen 14 vorgesehen, die geeignet sind, einen Schaumteppich vom Rand zur Mitte des Dachabschnitts 6 hin ein- bzw. aufbringen und zwar entweder ober- oder unterhalb des Dachabschnitts 6. Alternativ oder zusätzlich kann eine Einbringung von speziellen Löschschäumen über eine Einbringungsvorrichtung 15 am Boden des Speichers 10 aus erfolgen.

**[0068]** Der Speicherraum 3 kann durch eine Membranwand 16 unterteilt werden.

**[0069]** Unter dem Speicher 10 ist für die Bodenabdichtung eine Abdichtungsschicht 12 angeordnet, welche sich zusätzlich über den Erdwall 7 erstreckt und das Rückhaltebecken 8 auskleidet. Der Schichtaufbau im Bodenbereich ist in der Detailansicht gemäß Fig. 2 ersichtlich. Die Membranhülle 2 umfasst im Bodenabschnitt 4 eine Trägermembran 17, die eine wärmedämmende Schicht 18 trägt. Zum Füllmedium hin weist die Membranhülle 2 eine chemisch gegenüber dem Füllmedium beständige Schicht oder Beschichtung 19 auf, die im Falle von Mineralölprodukten beispielsweise aus Polyurethan besteht. Zwischen der aus den Schichten 17, 18 und 19 bestehenden Membranhülle und der Abdichtungsschicht 12 ist eine Abstandsschicht 20 aus einem schüttfähigen stückigen Material angeordnet.

**[0070]** In der Detailansicht gemäß Fig. 3 ist ein möglicher Schichtaufbau der Membranhülle 2 im Dachabschnitt 6 dargestellt. Die Membranhülle 2 besteht hier aus einer wärmedämmenden Schicht 21, einer Schutzschicht 22 vor Projektilen, einer Außenschicht 23 aus einem hitzebeständigen Material und einer inneren Schutzschicht 24 aus einem chemisch gegenüber dem Füllmedium beständigen Material.

**[0071]** Bei einer alternativen Ausbildung der Membranhülle im Dachabschnitt 6 umfasst die Membranhülle 2, wie in Fig. 4 gezeigt, eine wärmedämmenden Schicht 21, eine thermochrome Schicht 25 als Überhitzungsschutz und eine an das Füllmedium angrenzende, hoch absorbierend

(schwarz) ausgeführte Folie 26.

**[0072]** Fig. 5 zeigt eine abgewandelte Ausbildung der Speicheranlage gemäß Fig. 1, wobei gleiche Bezugszeichen für gleiche Teile verwendet werden wie in Fig. 1. Die Ausbildung gemäß Fig. 5 unterscheidet sich von der Ausbildung gemäß Fig. 1 dadurch, dass der Wandabschnitt 5 bei entsprechender Befüllung des Speicherraums 3 mit einem Füllmedium über den Erdwall 7 hinausragt und dort einen nach außen gewölbten oberen Wandabschnitt 27 bildet.

**[0073]** Fig. 6 zeigt eine weitere abgewandelte Ausbildung der Speicheranlage 1, bei welcher der Speicher 10 seitlich nicht durch einen externe Abstützung, wie z.B. einen Erdwall, abgestützt ist, sondern lediglich durch die Membranhülle 2 selbst. Auf Grund der fehlenden externen Abstützung ändert sich die Form der Membranhülle 2 in Abhängigkeit vom Füllstand, sodass sich bei niedrigem Füllstand die strichliert dargestellte Form 28 ergibt.

**[0074]** Im Unterschied zu Fig. 1 ist weiters eine horizontale Membranwand 29 vorgesehen, welche den Speicherraum 3 in eine obere und eine untere Sektion trennt. Weiters sind am Bodenabschnitt 4 der Membranhülle 2 Verankerungs- oder Verhakungselemente 30 angebracht, mit welchen der Bodenabschnitt 4 mit dem Untergrund verbunden werden kann.

**[0075]** Unter dem Speicher 10 ist wie bei der Ausbildung gemäß Fig. 1 und Fig. 5 eine Abdichtungsschicht 12 angeordnet, welche auch das Rückhaltebecken 8 auskleidet. Der Schichtaufbau im Bodenbereich ist in der Detailansicht gemäß Fig. 7 ersichtlich. Die Membranhülle umfasst im Bodenabschnitt 4 eine Trägermembran 17, die eine wärmedämmende Schicht 18 trägt. Zum Füllmedium hin weist die Membranhülle eine chemisch gegenüber dem Füllmedium beständige Schicht oder Beschichtung 19 auf, die im Falle von Mineralölprodukten beispielsweise aus Polyurethan besteht. Zwischen der aus den Schichten 17, 18 und 19 bestehenden Membranhülle und der Abdichtungsschicht 12 ist eine Abstandsschicht 20 aus einem schüttfähigen stückigen Material angeordnet.

**[0076]** In der Detailansicht gemäß Fig. 8 ist ein möglicher Schichtaufbau der Membranhülle 2 im Dachabschnitt 6 dargestellt. Die Membranhülle 2 besteht hier aus einer wärmedämmenden Schicht 21, einer Schutzschicht 22 vor Projektilen, einer Außenschicht 23 aus einem hitzebeständigen Material und einer inneren Schutzschicht 24 aus einem chemisch gegenüber dem Füllmedium beständigen Material.

**[0077]** Bei einer alternativen Ausbildung der Membranhülle im Dachabschnitt 6 umfasst die Membranhülle 2, wie in Fig. 9 gezeigt, eine wärmedämmenden Schicht 21, eine thermochrome Schicht 25 als Überhitzungsschutz und eine an das Füllmedium angrenzende, hoch absorbierend (schwarz) ausgeführte Folie 26.

**[0078]** Fig. 10 bis 14 zeigen verschiedene Ausbildungen einer Abstützung der Membranhülle mit Hilfe von bündelnden Zugelementen, wie z.B. Seilen, Ketten, Stangen oder dgl. Bei der Ausbildung gemäß Fig. 10 sind bündelnde Zugelemente 31 und 32 vorgesehen, welche horizontal um die Hülle (z.B. kreis- oder ellipsen-förmig) laufen um die in der Wand aufgebauten Spannungen aufzunehmen / zu neutralisieren und die Boden- und Deckschicht zu entlasten.

**[0079]** Bei der Ausbildung gemäß Fig. 11 ist zusätzlich ein bündelndes Zugelement 33 vorgesehen, welches wie ein (leicht einschnürender) horizontal umlaufender Gürtel die Zugkräfte in der Mitte der Membranwand aufnimmt. Es können auch mehrere horizontal umlaufende bündelnden Zugelemente in unterschiedlichen Höhen vorgesehen werden, um die Membranwand immer weiter zu entlasten und die Kräfte auf immer mehr (ggf. redundante) Zugelemente zu verteilen.

**[0080]** Bei der Ausbildung gemäß Fig. 12 ist das bündelnde horizontale Zugelement 31 mit einem Erdanker oder einer Verhakungen 34 verbunden, um die Kräfte in den Untergrund abzuleiten. Fig. 13 zeigt eine Ausbildung, bei welcher der Dachabschnitt 6 durch einen umlaufenden oder mehrere umlaufend angebrachte Auftriebskörper 35 entlastet wird, in Kombination mit Schrägabspannungen 36 im Inneren des Speicherraums 3, welche die Kräfte in Erdanker oder Verhakungen 34 ableiten.

**[0081]** Fig. 14 zeigt, dass die Kräfte im Wandabschnitt 5 auch ganz oder zum Teil von außenste-

henden steifen Strukturen 37 z.B. aus Stahl, Beton, Holz oder dgl. in den Boden abgeleitet werden. Damit wird der Wandabschnitt 5 deutlich entlastet.

**[0082]** Die Fig. 15 bis 17 zeigen verschiedene Ausbildungen von bündelnden Zugelementen, mit welchen der Bodenabschnitt 4 und/oder der Dachabschnitt 6 der Membranhülle 2 entlastet werden kann. Fig. 15 zeigt ein sich in Umfangsrichtung erstreckendes, umlaufendes bündelndes Zugelement 38 und mit diesem verbundene radiale bzw. diagonale bündelnde Zugelemente 39. Bei der Ausbildung gemäß Fig. 16 ist ein zusätzliches, sich in Umfangsrichtung erstreckendes, umlaufendes bündelndes Zugelement 40 vorgesehen, das konzentrisch zum bündelnden Zugelement 38 und radial weiter innen verläuft. Die radialen Zugelemente 39 erstrecken sich hierbei von dem Zugelement 40 zum Zugelement 38.

**[0083]** Bei der Ausbildung gemäß Fig. 17 sind die bereits in Fig. 14 dargestellten außenstehenden steifen Strukturen 37 vorgesehen, welche den Wandabschnitt 5 der Membranhülle 2 außen abstützen und gleichmäßig über den Umfang der Membranhülle 2 verteilt sind.

**[0084]** Eine weitere abgewandelte Ausbildung der Speicheranlage 1 ist in Fig. 18 gezeigt. Der Speicher 10 umfasst hierbei einen Stahltank 41, in dem eine elastisch ausgebildete Membranhülle 2 angeordnet ist. Die Membranhülle 2 trennt das Füllmedium von der Stahlwand des Stahltanks 41 und der Luft darüber ab, sodass es keines schwimmenden Daches wie bei herkömmlichen Stahltanks bedarf und es keinerlei Ausgasungen und Verdunstungen mehr gibt. Unterschiedlichen Füllständen passt sich die Membranhülle 2 durch elastische Verformung an, wobei der Wandabschnitt 5 der Membranhülle 2 an der Wand des Stahltanks 41 entlangreibt. Dies kann durch Gleitmittel, wie z.B. Öle, Fette, Trockenreib-Blöcke z.B. aus PTFE, oder Rollen, erleichtert werden. Die Membranhülle 2 kann in ihrem Wandabschnitt 5 auch als Faltenbalg 42 ausgebildet sein, um sich dem Füllstand anzupassen, wie exemplarisch an der linken Seite der Fig. 18 dargestellt. Die Befüllung und Entleerung der Membranhülle 2 kann am einfachsten über Öffnungen an der Unterseite oder an der Oberseite erfolgen.

## Patentansprüche

1. Speicheranlage (1) zum Speichern eines pumpfähigen Füllmediums umfassend
  - eine Hülle und einen von der Hülle umschlossenen Speicherraum (3) für > 1.000 m<sup>3</sup> des pumpfähigen Füllmediums, wobei die Hülle von einer den Speicherraum (3) allumschließenden Membranhülle (2) gebildet ist,
  - mindestens eine Abstützung zum Abstützen der Membranhülle (2) und
  - mindestens eine unter einem Bodenabschnitt (4) der Membranhülle (2) angeordnete Bodenabdichtung, die eine Abdichtungsschicht (12) und eine zwischen der Abdichtungsschicht (12) und dem Bodenabschnitt (4) der Membranhülle (2) angeordnete Abstandsschicht (20) aus einem schüttfähigen stückigen Material umfasst,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Membranhülle (2) im Dachabschnitt (6) ein aufschwimmendes Dachelement mit Auftriebselementen aufweist.
2. Speicheranlage (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abdichtungsschicht (12) von einer polymerbasierten Membran, einer Asphaltenschicht, einer Betonschicht, einem Geopolymer oder einer Flüssigfolie gebildet wird.
3. Speicheranlage (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht (20) von einem Schotter- oder Sandbett gebildet ist.
4. Speicheranlage (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstützung ein den Bodenabschnitt (4) und einen den Bodenabschnitt (4) allseits umgebenden Wandabschnitt (5) der Membranhülle (2) abstützendes Becken umfasst.
5. Speicheranlage (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Becken von einem von einem Erdwall (7) begrenzten Erdbecken gebildet ist.
6. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bodenabdichtung sich vom Bodenabschnitt (4) ausgehend unter den Wandabschnitt (5) der Membranhülle (2) erstreckt und eine den Wandabschnitt (5) abdichtende Wandabdichtung ausbildet.
7. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Abdichtungsschicht (12) und dem Boden- und ggf. dem Wandabschnitt (5) der Membranhülle (2) ein fluiddichter Abdichtungsraum ausgebildet ist, der mit einem Abdichtungsfluid gefüllt ist.
8. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rückhaltebecken (8) vorgesehen ist, welches den Speicherraum (3), insbesondere das Becken, ringförmig umgibt.
9. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membranhülle (2) eine Trägermembran (17) aufweist.
10. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membranhülle (2), vorzugsweise an der dem Speicherraum (3) zu- oder abgewandten Seite der Trägermembran (17), eine wärmedämmende Beschichtung (18) aufweist, die vorzugsweise aus einem Polymerschaum oder einem mineralbasierten Schaum besteht.
11. Speicheranlage (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mineralbasierte Schaum in fluidgefüllten Kissen enthalten ist.
12. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membranhülle (2) im Dachabschnitt (6) oder das aufschwimmende Dachelement an der Außenseite eine ballistische Schutzschicht (22) aufweist.
13. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membranhülle (2) im Dachabschnitt (6) oder das aufschwimmende Dachelement als äußerste Schicht eine hitze- und feuerbeständige Schutzschicht (23) z.B. aus einem Textil aus Glas- oder Keramikfasern aufweist.

14. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membranhülle (2) eine chemisch gegenüber dem Füllmedium beständige Schicht oder Beschichtung (19) aufweist.
15. Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstützung wenigstens ein bündelndes Zugelement (31,32,33,38,39,40), wie z.B. ein Seil, eine Kette oder eine Stange, umfasst oder aus diesem besteht.
16. Verwendung einer Speicheranlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Speicherung eines pumpfähigen Füllmediums ausgewählt aus ionischen (auch anorganischen) Fluiden, Erdöl, organischen Substanzen die z.B. aus fossilen, biologischen oder elektrolytisch hergestellten Rohstoffen gewonnen werden, Stickstoff-basierten Fluiden (z.B. Ammoniak), verflüssigten Gasen (z.B. Erdgas), Wasserbasierten Medien wie Abwässern oder Getränken (z.B. Fruchtsäfte, Bier) oder (Photo-)Bioreaktoren (z.B. für die rote / weiße Biotechnologie, für Gärbehälter der Bier oder Weinproduktion, für Bakterien-, Pilz-, Algen- und Aquakulturen und Biogas- sowie Kläranlagen), chemischen Reaktoren (z.B. für enzymatische, katalytischen und/oder thermische Reaktionen, z.B. für das Sulfat- oder Sulfit-Verfahren), Sande, Schotter, Pellets, Schlämme und Slurries (z.B. Eis-Wasser), rieselfähige land- forst- und wasserwirtschaftliche Produkte (z.B. Getreide, Erbsen, Frucht-Muse), Pulver (z.B. Zement, Stärke, Mehl, Milch- und Waschpulver), Industriechemikalien (z.B. Natronlauge, Salzsäure, Salzlau- gen).
17. Verwendung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das pumpfahige Füllmedium eine Flüssigkeit ist und dass das Abdichtungsfluid eine höhere Dichte aufweist als das pumpfahige Füllmedium und das pumpfahige Füllmedium im Abdichtungsfluid im Wesentlich unlöslich ist.
18. Verwendung nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abdichtungsfluid wenigstens einen Bestandteil enthält, welcher wenigstens einen chemischen Schadstoff des pumpfähigen Füllmediums bindet oder immobilisiert.

**Hierzu 6 Blatt Zeichnungen**

1/6

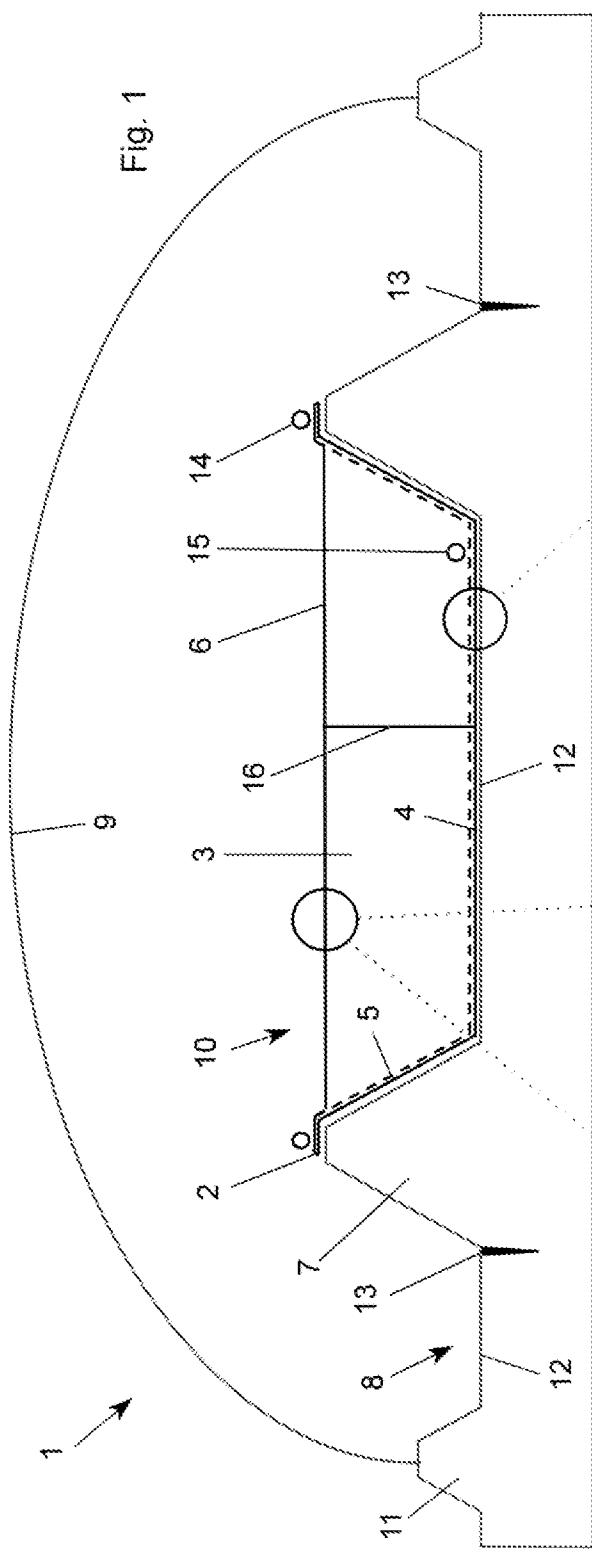
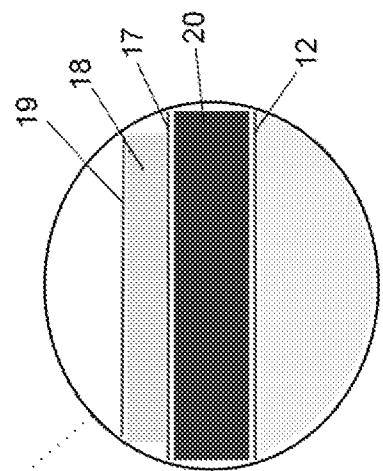
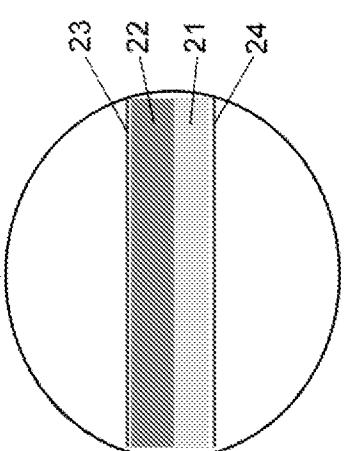


Fig.



2



三  
正

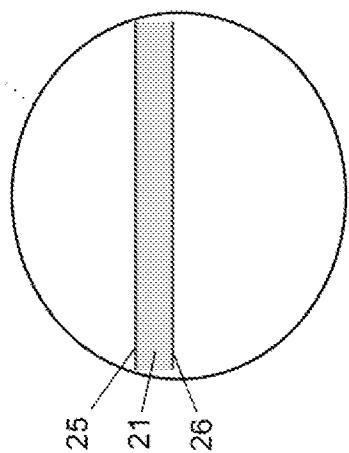


Fig. 4

2/6

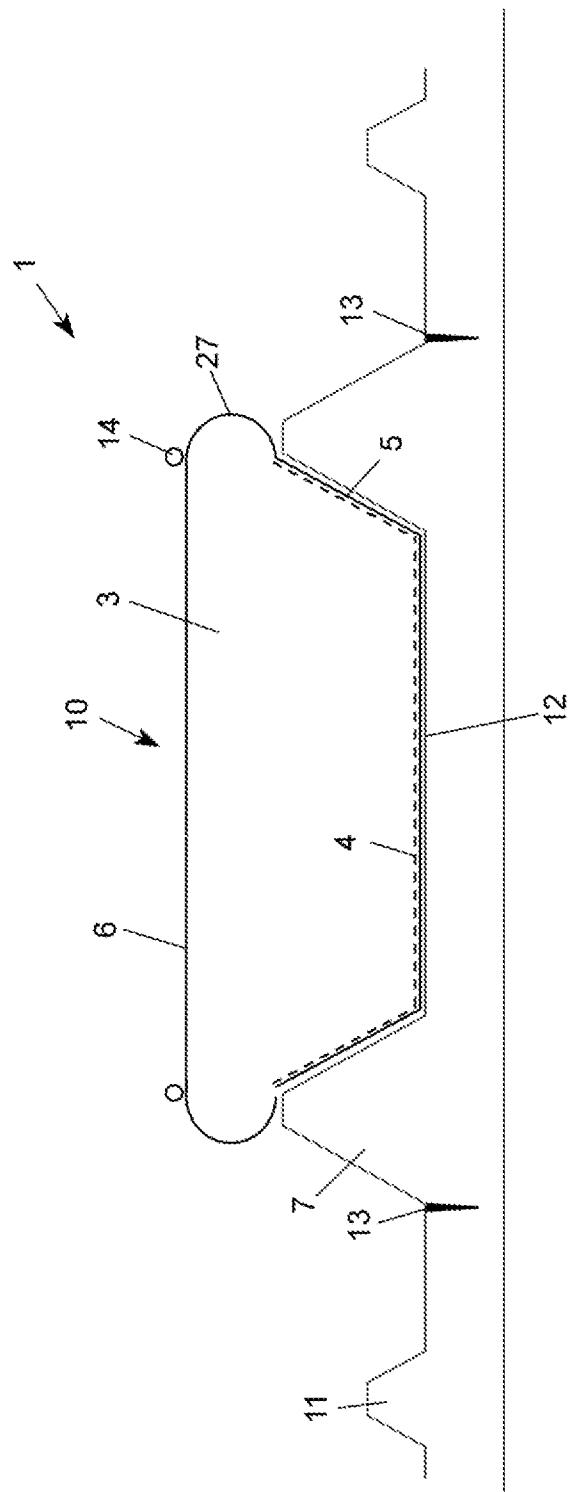
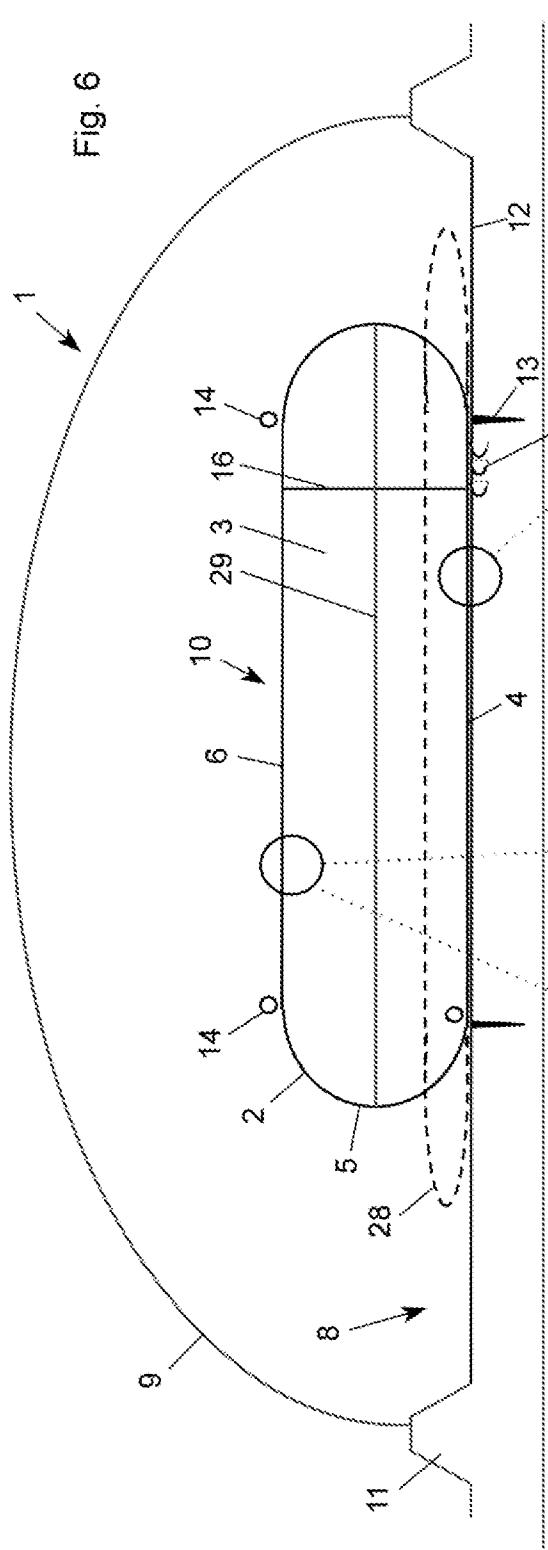
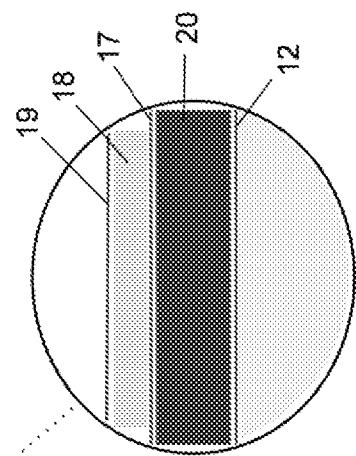


Fig. 5

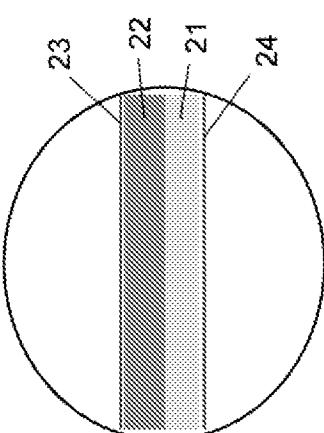
3/6



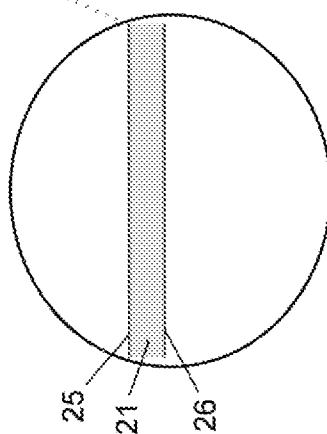
60  
正



7



三



卷之三

4/6

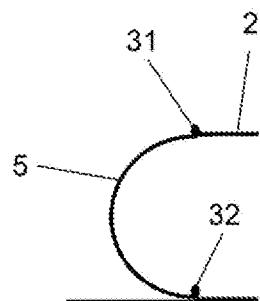


Fig. 10

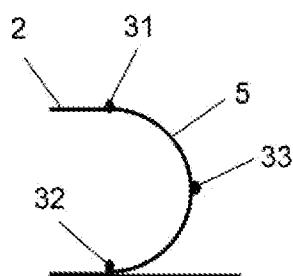


Fig. 11

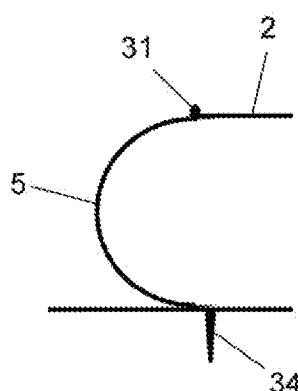


Fig. 12

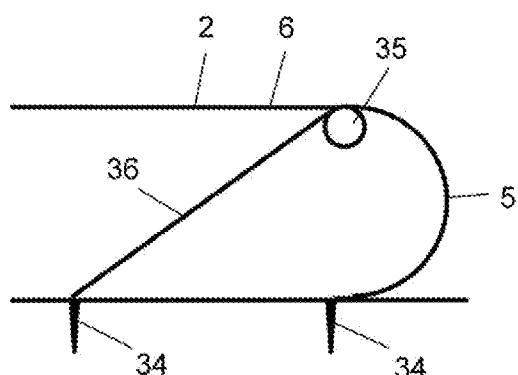


Fig. 13

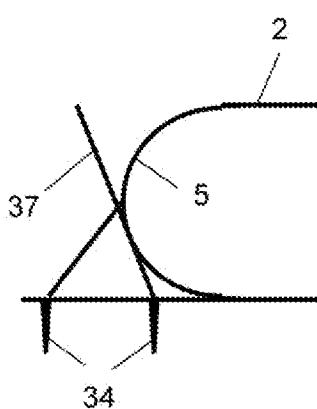


Fig. 14

5/6

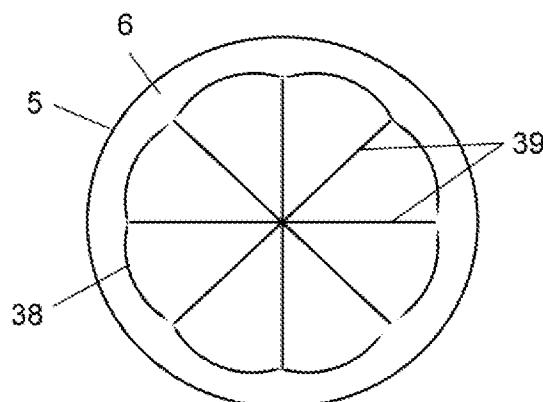


Fig. 15

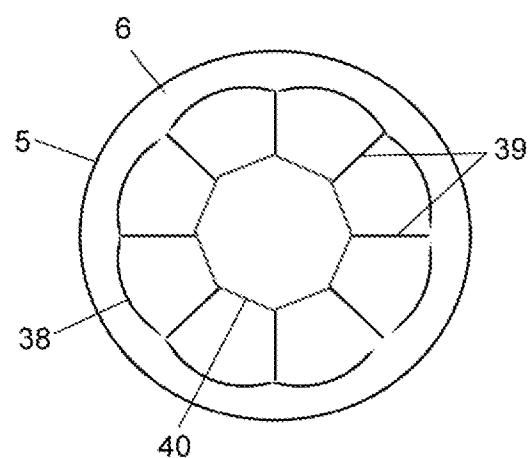


Fig. 16

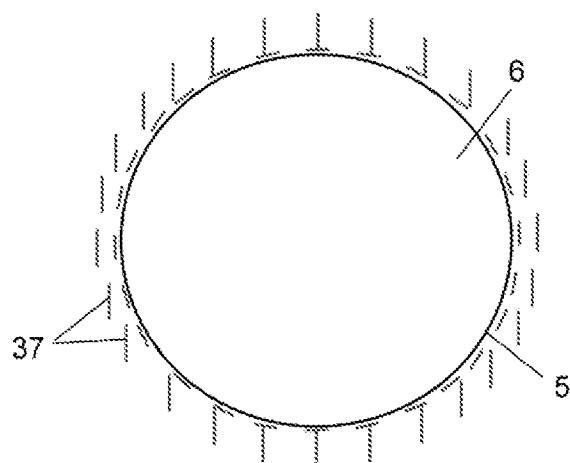


Fig. 17

6/6

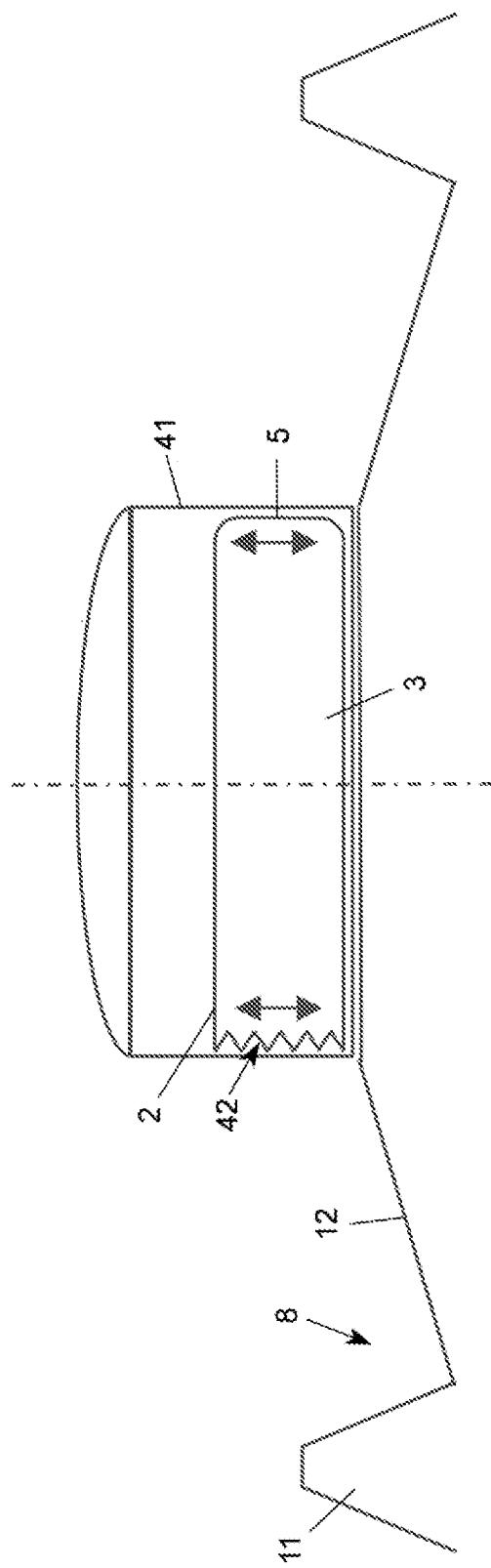


Fig. 18