

(19)



(11)

EP 2 208 825 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.10.2014 Patentblatt 2014/44

(51) Int Cl.:
E02B 17/00 (2006.01) E02D 27/12 (2006.01)
E02D 27/42 (2006.01) E02B 17/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09000543.0**

(22) Anmeldetag: **16.01.2009**

(54) **Verfahren zur Installation einer Offshore-Gründungsstruktur auf dem Meeresboden sowie Offshore-Gründungsstruktur**

Method for installing an offshore foundation structure on the sea bed and offshore foundation structure

Procédé d'installation d'une structure de fondation offshore sur le fond de mer et structure de fondation offshore

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK TR

- **Schmitt, Gerrit**
21039 Hamburg (DE)
- **Rennert, Ingo**
38539 Müder/Aller (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.07.2010 Patentblatt 2010/29

(74) Vertreter: **Mönkemeyer, Philipp**
Hauck Patent- und Rechtsanwälte
Neuer Wall 50
20354 Hamburg (DE)

(73) Patentinhaber: **Overdick GmbH & co. KG**
20457 Hamburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- S57 193 622 US-A- 2 940 265
US-A- 2 995 900 US-A- 3 348 382

(72) Erfinder:
• **Overdick, Ekkehard**
20465 Reinbek (DE)

EP 2 208 825 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Installation einer Offshore-Gründungsstruktur auf dem Meeresboden, die mindestens drei vertikale Stützbeine aufweist, wobei die Stützbeine jeweils ein im installierten Zustand mit einem Stützfuß auf dem Meeresboden aufstehendes Hüllrohr besitzen, bei dem die Hüllrohre mit ihren Stützfüßen auf dem Meeresboden aufgestellt werden und anschließend zumindest teilweise in den Hüllrohren verlaufende Ramppfähle mit Ramm- oder Vibrationshämmern in den Meeresboden eingetrieben werden.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem eine Offshore-Gründungsstruktur, die mindestens drei vertikale Stützbeine aufweist, wobei die Stützbeine jeweils ein mit einem Stützfuß auf dem Meeresboden aufstehendes Hüllrohr und einen zumindest teilweise in dem Hüllrohr verlaufenden und in den Meeresboden eingetriebenen Ramppfahl aufweisen.

[0003] Es ist beispielsweise aus US 2 995 900 A, US 3 348 382 A oder aus US 2 940 265 A bekannt, Offshore-Gründungsstrukturen mit vertikalen Stützbeinen zu versehen. Die Stützbeine können Hüllrohre besitzen, die mit einem Stützfuß auf dem Meeresboden aufgestellt werden, so dass die Hüllrohre unter Wasser angeordnet sind. Zur Gründung der Struktur werden nach dem Aufstellen der Hüllrohre am Installationsort Ramppfähle durch die als Führung dienenden beispielsweise unter Wasser angeordneten Hüllrohre hindurchgeführt und in den Meeresboden eingetrieben. Das Eintreiben der Ramppfähle erfolgt durch eine Rammung mittels Ramm- oder Vibrationshämmern, die an den Ramppfählen nach dem Einsetzen dieser in die Hüllrohre angebracht werden. Beispielsweise die Rammhämmer werden mehrfach angehoben und beispielsweise durch ihr Eigengewicht auf eine geeignete Rammfläche der Ramppfähle gerammt. Die Rammung selbst erfolgt auf der Grundlage marktüblicher Rammtechnologie. Die Pfähle werden so sukzessive in den Meeresboden getrieben. Das Eintreiben durch Vibrationsrammung mittels Vibrationshämmern ist ebenfalls an sich bekannt. Im eingetriebenen Zustand verbleiben die Ramppfähle zumindest teilweise in den Hüllrohren, so dass sie diese halten. Auf der so auf dem Meeresboden fundierten Struktur können gegebenenfalls weitere Bauwerke installiert werden. Neben Öl- oder Gasbohr- und -förderanlagen kommen in dieser Hinsicht in jüngster Zeit auch vermehrt Offshore-Windenergieanlagen in Frage.

[0004] Die bekannte Vorgehensweise ist schallintensiv. Insbesondere breitet sich der bei der Rammung unter Wasser entstehende Schall in dem Wasser mit geringen Absorptionsverlusten aus. Dies stellt eine unerwünschte Beeinträchtigung dar, insbesondere für in der Nähe des Installationsorts im Wasser befindliche Tiere. Außerdem ist die bekannte Vorgehensweise zeitaufwendig. So müssen am Installationsort auf See zunächst die Hüllrohre unter Wasser aufgestellt, anschließend die Ramm-

pfähle durch die unter Wasser befindlichen Hüllrohre gesteckt und dann die Ramm- oder Vibrationshämmer für die Rammung installiert werden. Gerade bei Offshore-Windenergieanlagen stellt dies ein Problem dar, da in einem durch die Wetterbedingungen vorgegebenen kleinen Zeitfenster eine Vielzahl von Offshore-Gründungsstrukturen für im Vergleich zu Öl- oder Gasbohranlagen kleinere Windenergieanlagen zu installieren ist. Für die Installation einer einzelnen Offshore-Gründungsstruktur steht somit nur wenig Zeit zur Verfügung. Aus JPS57193622 A ist ein in den Boden einzutreibender Verbundpfahl bekannt, gebildet durch Verbindung der Enden eines Stahlrohrpfahls und eines Betonpfahls. Im Bereich der stirnseitigen Verbindung weist der Stahlrohrpfahl eine kreisförmige Metallabschlussplatte auf und der Betonpfahl einen Metalldeckel. Auf diese Weise soll beim Eintreiben des Verbundpfahls in den Boden eine Beschädigung des Verbundpfahls vermieden werden.

[0005] Ausgehend von dem erläuterten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Gründungsstruktur der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei denen die Schallbeeinträchtigung bei der Installation verringert ist und die Installationszeit verkürzt wird.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 11 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung sowie den Figuren.

[0007] Für ein Verfahren der eingangs genannten Art löst die Erfindung die Aufgabe dadurch, dass die Ramppfähle durch über den Meeresspiegel hinausragende Hüllrohre in den Meeresboden eingetrieben werden. Für eine Offshore-Gründungsstruktur der eingangs genannten Art löst die Erfindung die Aufgabe entsprechend dadurch, dass die Hüllrohre im auf dem Meeresboden aufstehenden Zustand über den Meeresspiegel hinausragen.

[0008] Die Stützbeine werden mit ihren Hüllrohren und Stützfüßen auf dem Meeresboden aufgestellt. Erfindungsgemäß ragen die Hüllrohre in diesem auf dem Meeresboden aufgestellten Zustand über den Meeresspiegel hinaus. Die Ramppfähle werden dann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren durch die über den Meeresspiegel ragenden Hüllrohre hindurch in den Meeresboden getrieben. Dies erfolgt mittels Rammhämmern oder Vibrationshämmern (Vibrationsrammung). Die von den Hämmern erzeugte Rammenergie wird in an sich bekannter Weise über geeignete Rammkonsolen in den zu rammenden Pfahl eingeleitet. Der Meeresspiegel bezeichnet dabei den Meeresspiegel bei Normalnull (Seekartennull).

[0009] Indem die Hüllrohre erfindungsgemäß über den Meeresspiegel hinausragen, findet zum überwiegenden Teil eine Überwasserrammung statt. Lediglich gegen Ende des Rammvorgangs können die Ramppfähle mit ihrer Oberseite gegebenenfalls die Meeresspiegellinie unterschreiten. Allerdings ist durch die über die Meeresspiegellinie ragenden Hüllrohre zu jeder Zeit, und insbeson-

dere auch bei einem Unterschreiten der Meeresspiegel-
linie durch die Rammfahloberseite, sichergestellt, dass
der bei der Rammung entstehende Schall innerhalb des
Hüllrohrs entsteht und nicht direkt in das umgebende
Wasser eintreten kann. Der Schall kann sich aus dem
Hüllrohr nach oben zwar in die umgebende Luft ausbrei-
ten. Aufgrund des schlechten Schallübergangs zwischen
den Medien Luft und Wasser gelangt dieser Schall in der
Luft jedoch nur erheblich abgeschwächt in das umliegen-
de Wasser. Die Schallbelastung für in dem Wasser le-
bende Tiere wird auf diese Weise erheblich reduziert.

[0010] Die Rammpfähle verbleiben nach dem Eintrei-
ben in den Meeresboden in an sich bekannter Weise
zumindest über einen Teil der Länge der Hüllrohre in den
Hüllrohren. Sie können insbesondere über den überwie-
genden Teil der Länge in den Hüllrohren verbleiben. Die
Rammpfähle besitzen also eine erheblich größere Länge
als die Hüllrohre, beispielsweise die doppelte oder drei-
fache Länge.

[0011] Die erfindungsgemäße Gründungsstruktur hat
mindestens drei Stützbeine. Bei drei Stützbeinen kann
es sich bei der Gründungsstruktur also um eine sogean-
nte Tripode handeln. Es kann sich insbesondere um eine
Doppeltripode handeln, bei der eine obere und eine
untere Stütz- und Spreizkonstruktion für die Stützbeine
vorgesehen sind. Tripodenkonstruktionen erlauben dün-
nere Rammpfähle, die zu einer Reduzierung der erfor-
derlichen Schlagenergie und Rammzeit führen.

[0012] Nach einer Ausgestaltung können die Ramm-
pfähle vor der Seeinstallation der Gründungsstruktur be-
reits an Land, insbesondere auf einem Fertigungsgelän-
de der Gründungsstruktur, eingebaut werden. Auf diese
Weise wird die für die Installation erforderliche Zeit ver-
ringert, da die Rammpfähle am Installationsort nicht mehr
in die Hüllrohre eingeführt werden müssen. Die Vormon-
tage der Rammpfähle erfolgt bei dieser Ausgestaltung
also vor der Installation der Gründungsstruktur und be-
reits vor einem Transport der Gründungsstruktur auf dem
Wasser zu dem Installationsort.

[0013] Nach einer Ausgestaltung sind die Rammpfähle
bei einem Einsatz von Rammhämmern zumindest teil-
weise hohl ausgebildet und besitzen eine in ihrem Innen-
raum angeordnete innen liegende Rammkonsole für das
Rammen mit Rammhämmern. Auf diese Rammkonsole
können die Rammhämmer zum Eintreiben der Ramm-
pfähle gesetzt werden. Aufgrund der innenliegenden
Hämmer findet der rammende Kontakt zwischen Ham-
mer und Rammpfahl innerhalb des Rammpfahls statt,
wodurch der entstehende Luftschall weiter verringert
wird. Es können weiterhin die Ramm- oder Vibrations-
hämmer vor dem Aufstellen der Hüllrohre in den Ramm-
pfählen vormontiert werden. Dadurch wird die Installati-
onszeit vor Ort und auf See verringert. In der Praxis sind
dadurch Verringerungen der Installationszeit um ein Drit-
tel möglich. Außerdem entfällt die ebenfalls schallinten-
sive Rüstzeit am Installationsort auf See. Wiederum kann
die Vormontage der Ramm- oder Vibrationshämmer ins-
besondere vor der Installation der Gründungsstruktur

oder bereits vor einem Transport der Gründungsstruktur
auf dem Wasser zu dem Installationsort erfolgen.

[0014] Die Rammpfähle können nach einer weiteren
Ausgestaltung mit den Ramm- oder Vibrationshämmern
derart gleichzeitig in den Meeresboden eingetrieben wer-
den, dass sich der bei der Rammung der einzelnen
Rammpfähle entstehende Schall zumindest teilweise ge-
genseitig auslöscht. Gleichzeitig muss dabei nicht takt-
mäßig gleichzeitig heißen. Vielmehr werden die Ramm-
pfähle im selben Zeitraum derart getaktet in den Mee-
resboden gehämmert, dass die bei den einzelnen
Rammvorgängen entstehenden Schallwellen destruktiv
miteinander interferieren. Die Taktvorgabe im Einzelnen
hängt insbesondere von den entstehenden Schallfre-
quenzen und den geometrischen Verhältnissen der
Gründungsstruktur ab. So müssen die Hämmer bei glei-
cher Schallfrequenz derart phasenangepasst, insbeson-
dere phasenverschoben, auf die Rammpfähle treffen,
dass abhängig von insbesondere dem Abstand der
Schallquellen zueinander am Ort der Überlagerung der
Schallwellen eine Phasenverschiebung der Wellen von
möglichst 180° vorliegt, also destruktive Interferenz er-
folgt. Abhängig von der Amplitude der Schallwellen er-
folgt dann im theoretischen Idealfall eine totale gegen-
seitige Auslöschung der entstehenden Schallwellen. In
der Praxis lässt sich auf diese Weise eine erhebliche
Schallreduzierung erreichen.

[0015] Die Hüllrohre können jeweils mit einer zumi-
ndest über einen Teil ihrer Länge um ihre Außenfläche
umlaufenden Kunststoffverschalung versehen sein, bei-
spielsweise an der Außenfläche der Hüllrohre angeord-
nete Kunststoffhalb- -drittel- oder -viertelschalen. Die
Verschalung kann zumindest für die Dauer der Ram-
mung vorgesehen sein. Eine derartige Kunststoffschal-
ung verringert die Schallentstehung weiter, zum einen
durch Absorption der Schallwellen und zum anderen
durch eine Stabilisierung der Rammpfähle in den Hüll-
rohren. So entsteht ein Großteil des Schalls bei der Ram-
mung durch eine bauchige Verformung der Rammpfähle
bei dem Rammvorgang und einer anschließenden oszil-
latorischen Rückbildung der Pfahlform. Diese Schwin-
gung des Rammpfahls wird durch die Kunststoffverschal-
ung ebenfalls gedämpft. Als Kunststoff kommt beispie-
lsweise Polyurethan in Frage. Nach Abschluss der Ram-
mung kann die Kunststoffverschalung entfernt werden.
Dazu können beispielsweise die Schalen nach dem Ab-
schluss der Rammung gelöst werden, so dass diese auf-
schwimmen und für eine Wiederverwendung genutzt
werden können.

[0016] Zumindest über einen Teil der Länge der Hüll-
rohre ist erfindungsgemäß jeweils ein umlaufender Hohl-
raum zwischen den Rammpfählen und den Hüllrohren
gebildet. Dieser Hohlraum kann im Wesentlichen über
die gesamte Länge der Hüllrohre bestehen, wobei ledig-
lich im oberen und unteren Bereich der Hüllrohre Füh-
rungselemente für eine Führung der Rammpfähle bei der
Rammung angeordnet sind. Der Hohlraum kann insbe-
sondere zumindest während des Rammens mit Luft ge-

füllt sein. Über entsprechende Dichtungen kann dies erreicht werden. Diese Luftfüllung verhindert eine direkte Schallübertragung zwischen dem Rammpfahl und dem Hüllrohr und damit dem das Hüllrohr zumindest teilweise umgebenden Wasser. Außerdem können auf diese Weise lokale Verformungen des Rammpfahls infolge des Rammvorgangs zugelassen werden.

[0017] Der Hohlraum kann insbesondere zumindest für die Dauer des Rammens auch mit einem Kunststoffschaum gefüllt sein. Ein solcher Kunststoffschaum verbessert die Schalldämpfung. Er kann permanent ausgebildet sein, also nach der Rammung in dem Hohlraum verbleiben. In diesem Fall kann beispielsweise eine ansonsten offene Oberseite des Hüllrohrs mit einer Kopfabdeckung gegen das umliegende Wasser abgedichtet sein. Eine solche Abdeckung kann beispielsweise angeschraubt oder angeschweißt werden. Als Schaum kommt beispielsweise ein Polyurethanschaum in Frage. Es kann sich dabei zum Beispiel um einen 1- oder 2-Komponentenschaum handeln. Bestandteile eines 2-Komponentenschaums können sein: Diphenylmethan-4, 4'-Disocyanat, Tris(2-chlorisopropyl)phosphat, Dimethylether sowie gegebenenfalls Treibgase. Auch kann der Hohlraum zum selben Zweck insbesondere zumindest für die Dauer des Rammens mit einem Granulat gefüllt sein. Ein Granulat bezeichnet in diesem Zusammenhang jegliche Art von partikelförmigem Material. Geeignete Granulate können beispielsweise sein: Kunststoffgranulat, z.B. Polyurethan-Schaumkugeln, Hohlkugeln, LECA, Blähton oder ein leicht aufschäumbares stark lufthaltiges Granulat. Ein solches Granulat kann nach Abschluss der Rammung in einfacher Weise entfernt werden. So kann nach einer weiteren Ausgestaltung der Hohlraum insbesondere nach Abschluss des Rammens mit Beton gefüllt werden. Ein solcher Beton oder "Grout" kann über geeignete Injektionsrohre beispielsweise von der Unterseite in den Hohlraum eingebracht werden und dabei zum Beispiel ein während der Rammung in dem Hohlraum enthaltenes Granulat verdrängen. Dieses kann in einem geeigneten Auffangbehälter gesammelt werden. Der Beton führt zu einer zusätzlichen Stabilisierung der Rammpfähle in den Hüllrohren und damit der Gesamtstruktur im fundierten Zustand.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Gründungsstruktur eignen sich insbesondere für die Installation von Offshore-Windenergieanlagen. Entsprechend kann vorgesehen sein, dass auf der Gründungsstruktur eine Windenergieanlage installiert ist bzw. nach Abschluss der Rammung installiert wird. Gerade bei Windenergieanlagen besteht, wie eingangs erläutert, ein großer Zeitdruck bei der Installation. Insbesondere muss oftmals eine Vielzahl von Anlagen installiert werden, wobei die Schallbeeinträchtigung minimal gehalten werden soll. Gerade bei solchen Offshore-Strukturen ist die Erfindung vorteilhaft.

[0019] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen schematisch

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Offshore-Gründungsstruktur in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht,

Fig. 2 eine bei der Gründungsstruktur aus Fig. 1 vorgesehene Transportführung in einer Draufsicht,

Fig. 3 ein Stützbein der in Fig. 1 dargestellten Gründungsstruktur gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel in einem Querschnitt,

Fig. 4 ein Stützbein der in Fig. 1 gezeigten Gründungsstruktur gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel in einem Querschnitt,

Fig. 5 ein Stützbein der in Fig. 1 gezeigten Gründungsstruktur gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel in einem Querschnitt, und

Fig. 6 ein Stützbein der in Fig.1 gezeigten Gründungsstruktur gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel in einem Querschnitt.

[0020] Soweit nichts anderes angegeben ist, bezeichnen in den Figuren gleiche Bezugszeichen gleiche Gegenstände. In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Offshore-Gründungsstruktur 10 dargestellt. In dem dargestellten Beispiel besitzt die Offshore-Gründungsstruktur 10 drei vertikale Stützbeine 12. Die Stützbeine 12 bestehen jeweils aus einem Stützfuß 14 und dienen gleichzeitig als Hüllrohr 18 für die nachträglich einzubauenden und zu rammenden Pfähle 44.. Die Stützfüße 14 sind in an sich bekannter Weise als sogenannte Mud-Mats ausgebildet. Die Gründungsstruktur 10 besitzt weiterhin ein Zentralrohr 20, welches über eine obere Stütz- und Spreizkonstruktion 22 ("oberes bracing") und eine untere Stütz- und Spreizkonstruktion 24 ("unteres bracing") mit den Stützbeinen 12 verbunden ist. Das Zentralrohr 20 besitzt an seinem oberen Ende einen Turmflansch 26. Auf dem Turmflansch 26 ist in dem dargestellten Beispiel der Turm 30 einer schematisch bei 28 dargestellte Windenergieanlage installiert. Die Windenergieanlage 28 besitzt ein auf dem Turm 30 angeordnetes Maschinenhaus 32 mit einem Rotor 34, der die Rotorblätter trägt, von denen in Fig. 1 lediglich eines bei 36 dargestellt ist Unterhalb des Turmflansches 26 besitzt das Zentralrohr 20 einen durch ein Geländer 38 gesicherten Zugang 40 für eine Bedienungsperson in den Innenraum des Zentralrohrs und damit auch den Innenraum der Windenergieanlage 28. Durch das Zentralrohr 20 sind durch den Meeresboden 16 verlaufende Seekabel 42 zur Verbindung mit der elektrischen Einheit der Windenergieanlage 28 geführt.

[0021] Die Gründungsstruktur 10 wird mittels durch die Hüllrohre 18 geführter Rammpfähle 44 in dem Meeresboden fundiert. Diese werden dazu in an sich bekannter Weise mittels in Fig. 1 nicht dargestellter Ramm- oder Vibrationshämmer durch die Hüllrohre 18 hindurch in den Meeresboden 16 gerammt, wie dies in Fig. 1 lediglich für den rechten Rammpfahl 44 dargestellt ist. Der in Fig. 1 links gezeigte Rammpfahl 44 ist dagegen in seiner Position vor dem Eintreiben in den Meeresboden 16 dargestellt. In diesem Zustand ragt der Rammpfahl 44 aus dem

Hüllrohr 18 heraus. Die Ramppfähle sind an ihrer äußeren Oberfläche mit einem Gleitmittel beschichtet. Sie sind etwa doppelt so lang wie die Hüllrohre 18.

[0022] Bei dem Bezugszeichen 46 ist der Meeresspiegel bei Normalnull (Seekartennull) gezeigt. Bei dem Bezugszeichen 48 ist der Meeresspiegel bei einer sogenannten Jahrhundertwelle dargestellt.

[0023] Zur Installation der Offshore-Gründungsstruktur 10 auf dem Meeresboden 16 werden zunächst an Land die Hüllrohre 18 über die Stütz- und Spreizkonstruktion 22, 24 mit dem Zentralrohr 20 verbunden und mit den Stützfüßen 14 versehen. Anschließend werden ebenfalls an Land die Ramppfähle 44 in den Hüllrohren 18 vormontiert, so dass diese wie bei dem linken Ramppfahl 44 in Fig. 1 gezeigt, aus den Hüllrohren 18 herausragen. Eine in der in Figur 2 gezeigten Draufsicht sternförmige Transportführung 52 aus einer Gitterstruktur hält an seinen drei äußeren Enden 54 jeweils einen Ramppfahl 44 für den Transport, wie dies schematisch in Fig. 1 gezeigt ist. Über einen Haken 56 und eine zugeordnete Öse 58, die zentral an der Transportführung 52 angeordnet ist, kann die Struktur 10 mit den vormontierten Ramppfählen 44 angehoben und auf dem Meeresboden 16 abgesetzt werden. Selbstverständlich werden die Transportführung 52 und der Haken 56 vor der Installation der Windenergieanlage 28 entfernt. Sie sind in Fig. 1 lediglich zur Veranschaulichung dargestellt.

[0024] In Fig. 1 ist zu erkennen, dass die Hüllrohre 18 im auf dem Meeresboden 16 aufstehenden Zustand mit ihren Oberseiten 50 über den Meeresspiegel 46 bei Normalnull hinausragen. Werden nun die Ramppfähle 44 mittels in Fig. 1 nicht dargestellter Ramm- oder Vibrationshämmer in den Meeresboden 16 eingetrieben, wird dabei die Schallbeeinträchtigung für in dem den Installationsort umgebenden Wasser lebende Tiere minimiert, wie dies eingangs erläutert wurde. Die Ramppfähle werden dabei mit den Ramm- oder Vibrationshämmern derart gleichzeitig in den Meeresboden 16 eingetrieben, dass sich der bei der Rammung jeweils bildende Schall zumindest teilweise durch destruktive Interferenz gegenseitig auslöscht.

[0025] In Fig. 3 ist ein Hüllrohr 18 der in Fig. 1 gezeigten Gründungsstruktur mit einem darin vormontierten Ramppfahl 44 genauer dargestellt. Zwischen dem Ramppfahl 44 und dem Hüllrohr 18 ist dabei im Wesentlichen über die gesamte Länge des Hüllrohrs 18 ein umlaufender Hohlraum 60 gebildet. Lediglich im oberen und unteren Bereich des Hüllrohrs 18 sind ringförmige Rammführungen 62 zum Führen des Ramppfahls 44 während der Rammung angeordnet. Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist dieser Hohlraum 60 zumindest während der Rammung mit Luft gefüllt, sichergestellt durch den Einbau von Dichtlippen oder ähnlichen Dichtelementen. Fig. 3 ist weiter zu entnehmen, dass der Ramppfahl 44 zumindest in seinem oberen Bereich hohl ausgebildet ist und eine in seinem Innenraum angeordnete Rammfläche 64, in dem dargestellten Beispiel durch die Oberseite eines Schlagrings 64 gebildet, aufweist.

Der Schlagring 64 ist über Konsolen 66 an der Pfahlwand abgestützt. Ebenfalls in Fig. 3 dargestellt ist ein in dem Innenraum des Ramppfahls 44 angeordneter Ramm- oder Vibrationshammer 68. Zur Verkürzung der Installationszeit und gleichzeitig zur Vermeidung von schallintensiver Rüstzeit auf See werden die Ramm- oder Vibrationshämmer 68 dabei bereits an Land vor einem Transport der Gründungsstruktur 10 zum Installationsort auf dem Wasser in den Hüllrohren vormontiert. Das Eintreiben der Ramppfähle 44 in den Meeresboden 16 erfolgt mit an sich marktüblicher Ramm- oder Vibrationstechnologie, wobei im Fall des Rammens die Rammenergie über die Schlagringe 64 in den Pfahl eingeleitet wird. Auf diese Weise werden die Ramppfähle 44 sukzessive in den Meeresboden eingetrieben.

[0026] In Fig. 4 ist eine weitere Ausgestaltung gezeigt, die weitgehend der in Fig. 3 gezeigten Ausgestaltung entspricht. Zusätzlich zu der in Fig. 3 gezeigten Ausgestaltung ist bei der Ausgestaltung nach Fig. 4 über einen Teil der Länge des Hüllrohrs 18 eine Kunststoffverschalung 70, gebildet durch zwei an der Außenfläche der Hüllrohre angeordnete Kunststoffhalb-, -drittel- oder -viertelschalen 72, angeordnet. In dem gezeigten Beispiel handelt es sich um Polyurethanhalbschalen 72. Diese Schalen 72 führen zu einer weiteren Verringerung des bei der Rammung entstehenden Schalls. Sie können beispielsweise eine Dicke von 50 mm besitzen. Durch eine bauchige Ausführung dieser Schalen 72, wie dies bei dem Bezugszeichen 74 schematisch dargestellt ist, kann die Absorption des entstehenden Schalls verbessert werden. Die Kunststoffschalen 72 werden nach Abschluss der Rammung von den Hüllrohren 18 gelöst, so dass sie selbstständig aufschwimmen und wiederverwendet werden können.

[0027] In Fig. 5 ist eine weitere Ausgestaltung eines Stützbeins gezeigt, welches weitgehend dem in Fig. 3 gezeigten Stützbein entspricht. Im Unterschied zu dem in Fig. 3 gezeigten Stützbein ist bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 der Hohlraum 60 jedoch mit einem Kunststoffgranulat 76 gefüllt, welches in dem Detail in Fig. 5 näher dargestellt ist. Das Granulat 76 wird vor der Rammung in den Hohlraum 60 gefüllt. Es kann sich dabei beispielsweise um Polyurethan-Schaumkugeln handeln. Nach Abschluss der Rammung wird über geeignete Injektionsrohre 78 von der Unterseite her in den Hohlraum 60 Beton ("Grout") in den Hohlraum 60 verpresst, wobei das Granulat 76 in einen am oberen Ende des Hohlraums 60 vorgesehenen ringförmigen Auffangbehälter 80 verdrängt wird. Auf diese Weise können während des Ramm- oder Vibrationsvorgangs die schalldämpfenden Eigenschaften des Granulats genutzt werden. Nach Abschluss der Rammung wird dann durch den verpressten Beton die lokale Stabilität der Gründungsstruktur im Betrieb verbessert.

[0028] In Fig. 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Stützbeins der erfindungsgemäßen Gründungsstruktur 10 gezeigt. Wiederum entspricht dieses Stützbein weitgehend dem in Fig. 3 gezeigten Stützbein. Im

Unterschied zu Fig. 3 ist jedoch bei dem in Fig. 6 gezeigten Beispiel der Hohlraum 60 mit einem vor der Rammung eingefüllten und nach der Rammung verbleibenden Kunststoffschaum 82, beispielsweise einem Polyurethanschaum, gefüllt. Separate Rammführungen sind entsprechend nicht erforderlich. Um den auch nach der Rammung verbleibenden Kunststoffschaum 82 gegenüber der Umgebung und insbesondere gegenüber Wasser abzudichten, besitzt das Hüllrohr 18 gemäß Fig. 6 an seiner Oberseite eine Kopfabdeckung 84, die beispielsweise nach Abschluss der Rammung mit dem Hüllrohr 18 verschraubt oder verschweißt werden kann.

[0029] Mit der Erfindung lässt sich die Schallbeeinträchtigung bei der Installation von Offshore-Gründungsstrukturen erheblich verringern, während gleichzeitig die erforderliche Installationszeit auf See minimiert wird. Darüber hinaus bedeutet eine Verkürzung der Installationszeit selbst auch eine Verminderung der Schallbeeinträchtigung über die Zeit. Dies ist ein nicht zu übersehender Nebeneffekt, wenn man z.B. die Installation von 50 oder mehr Windkraftanlagen pro Windpark und ein dafür jährlich zur Verfügung stehendes Installationszeitfenster beachten muss.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Installation einer Offshore-Gründungsstruktur (10) auf dem Meeresboden (16), die mindestens drei vertikale Stützbeine (12) aufweist, wobei die Stützbeine (12) jeweils ein im installierten Zustand mit einem Stützfuß (14) auf dem Meeresboden (16) aufstehendes Hüllrohr (18) besitzen, bei dem die Hüllrohre (18) mit ihren Stützfüßen (14) auf dem Meeresboden (16) aufgestellt werden und anschließend zumindest teilweise in den Hüllrohren (18) verlaufende Rammpfähle (44) mit Ramm- oder Vibrationshämmern (68) in den Meeresboden (16) eingetrieben werden, wobei die Rammpfähle (44) durch über den Meeresspiegel (46) hinausragende Hüllrohre (18) in den Meeresboden (16) eingetrieben werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Dichtungen zumindest über einen Teil der Länge der Hüllrohre (18) jeweils ein umlaufender Hohlraum (60) zwischen den Rammpfählen (44) und den Hüllrohren (18) gebildet ist, wobei der Hohlraum (60) zumindest während des Rammens mit Luft oder einem Kunststoffschaum oder einem Granulat gefüllt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rammpfähle (44) vor der Seeinstallation der Gründungsstruktur (10) bereits an Land, insbesondere auf einem Fertigungsgelände der Gründungsstruktur (10), eingebaut werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rammpfähle (44) im Falle des Einsatzes von Rammhämmern zumindest teilweise hohl ausgebildet sind und die Rammhämmer (68) zum Eintreiben der Rammpfähle (44) jeweils auf eine in dem Innenraum der Rammpfähle (44) angeordnete innenliegende Rammkonsole (64) gesetzt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ramm- oder Vibrationshämmer (68) vor dem Aufstellen der Hüllrohre (18) in den Rammpfählen (44) vormontiert werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rammpfähle (44) mit den Ramm- oder Vibrationshämmern (68) derart gleichzeitig in den Meeresboden (16) eingetrieben werden, dass sich der bei der Rammung der einzelnen Rammpfähle (44) entstehende Schall zumindest teilweise gegenseitig auslöscht.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hüllrohre (18) zumindest für die Dauer der Rammung jeweils mit einer zumindest über einen Teil ihrer Länge um ihre Außenfläche umlaufenden Kunststoffverschalung (72) versehen werden, insbesondere an der Außenfläche der Hüllrohre (18) angeordneten Kunststoffhalb-, -drittel- oder -viertelschalen (72).
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kunststoffverschalung (72) nach Abschluss der Rammung entfernt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Granulat (76) nach Abschluss des Rammens entfernt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum (60) nach Abschluss des Rammens mit Beton gefüllt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Abschluss des Rammens eine Windenergieanlage (28) auf der Gründungsstruktur (10) installiert wird.
11. Offshore-Gründungsstruktur, die mindestens drei vertikale Stützbeine (12) aufweist, wobei die Stützbeine (12) jeweils ein mit einem Stützfuß (14) auf dem Meeresboden (16) aufstehendes Hüllrohr (18) und einen zumindest teilweise in dem Hüllrohr (18) verlaufenden und in den Meeresboden (16) eingetriebenen Rammpfahl (44) aufweisen, wobei die Hüllrohre (18) im auf dem Meeresboden (16) aufstehenden Zustand über den Meeresspiegel (46) hinausragen, **dadurch gekennzeichnet, dass**

durch Dichtungen zumindest über einen Teil der Länge der Hüllrohre (18) jeweils ein umlaufender Hohlraum (60) zwischen den Rammpfählen (44) und den Hüllrohren (18) gebildet ist, wobei der Hohlraum (60) mit Luft oder einem Kunststoffschäum oder einem Granulat gefüllt ist.

12. Gründungsstruktur nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rammpfähle (44) im Falle des Einsatzes von Rammhämmern zumindest teilweise hohl ausgebildet sind und eine in ihrem Innenraum angeordnete innenliegende Rammkonsole (64) für das Rammen mit Rammhämmern (68) besitzen.
13. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hüllrohre (18) jeweils mit einer zumindest über einen Teil ihrer Länge um ihre Außenfläche umlaufenden Kunststoffverschalung (72) versehen sind, insbesondere an der Außenfläche der Hüllrohre (18) angeordneten Kunststoffhalb-, -drittel- oder -viertel-schalen (72).
14. Gründungsstruktur nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Gründungsstruktur (10) eine Windenergieanlage (28) installiert ist.

Claims

1. A method for installing an offshore foundation structure (10) on the ocean floor (16) having a least three vertical support legs (12), wherein the support legs (12), in an installed state, each have a sleeve (18) standing with a support foot (14) on the ocean floor (16), wherein the sleeves (18) with their support foot (14) are set up on the ocean floor (16), and then driven piles (44) running at least partially in the sleeves (18) are driven into the ocean floor (16) with pile or vibratory drivers (68), wherein the driven piles (44) are driven into the ocean floor (16) by means of the sleeves (18) extending above the sea level (46), **characterized in that** a peripheral cavity (60) is formed by seals between the driven piles (44) and the sleeves (18) at least over part of the length of the sleeves (18), wherein the cavity (60) is filled with air or a plastic foam or granules, at least while driving.
2. The method according to claim 1, **characterized in that** the driven piles (44) are installed on land before installation at sea of the foundation structure (10), especially on a production site for the foundation structure (10).
3. The method according to one of claims 1 or 2, **characterized in that** the driven piles (44) are designed at least partially hollow when pile drivers are used, and the pile drivers (68) for driving in the driven piles (44) are each placed on an inner driving bracket (64) arranged in the interior of the driven piles (44).
4. The method according to one of the prior claims, **characterized in that** the pile or vibratory driver (68) is pre-mounted in the driven piles (44) before setting up the sleeves (18).
5. The method according to one of the prior claims, **characterized in that** the driven piles (44) are driven simultaneously into the ocean floor (16) with the pile or vibratory drivers (68) such that the sound arising while driving the individual driven piles (44) is at least partially mutually extinguished.
6. The method according to one of the prior claims, **characterized in that** the sleeves (18), at least for the duration of driving, are each provided with a plastic shell (72) surrounding their outer surface over at least part of a length, in particular plastic half, third or quarter shells (72) arranged on the outer surface of the sleeves (18).
7. The method according to claim 6, **characterized in that** the plastic shell (72) is removed after the completion of driving.
8. The method according to one of the prior claims, **characterized in that** the granules (76) are removed after the conclusion of driving.
9. The method according to one of the prior claims, **characterized in that** the cavity (60) is filled with concrete after the conclusion of driving.
10. The method according to one of the prior claims, **characterized in that** a wind power plant (28) is installed on the foundation structure (10) after the conclusion of driving.
11. An offshore foundation structure having at least three vertical support legs (12), wherein the support legs (12) each have a sleeve (18) standing with a support foot (14) on the ocean floor (16) and a driven pile (44) running at least partially in the sleeve (18) and driven into the ocean floor (16), wherein the driven piles (18) extend above sea level (46) in a state standing on the ocean floor (16), **characterized in that** a peripheral cavity (60) is formed by seals between the driven piles (44) and the sleeves (18) at least over part of the length of the sleeves (18), wherein the cavity (60) is filled with air or a plastic foam or granules.
12. The foundation structure according to claim 11,

characterized in that the driven piles (44) are designed at least partially hollow when pile drivers are used, and possess an inner driving bracket (64) arranged in their interior for driving with pile drivers (68).

13. The foundation structure according to one of claims 11 or 12, **characterized in that** the sleeves (18) are each provided with a plastic shell (72) surrounding their outer surface over at least part of their length, in particular plastic half, third or quarter shells (72) arranged on the outer surface of the sleeves (18).

14. The foundation structure according to one of claims 11 to 13, **characterised in that** a wind power plant (28) is installed on the foundation structure (10).

Revendications

1. Procédé d'installation d'une structure de fondation offshore (10) sur le fond marin (16), qui présente au moins trois jambes d'appui (12) verticales, les jambes d'appui (12) possédant chacune un tube de gainage (18) dressé, dans l'état installé, avec un pied d'appui (14) sur le fond marin (16), dans lequel les tubes de gainage (18) sont placés avec leurs pieds d'appui (14) sur le fond marin (16), et puis des pieux battus (44) situés au moins partiellement dans les tubes de gainage (18) sont enfoncés dans le fond marin (16) avec des marteaux batteurs ou vibreurs (68),

les pieux battus (44) étant enfoncés dans le fond marin (16) par des tubes de gainage (18) dépassant du niveau de la mer (46), **caractérisé en ce qu'**une cavité (60) périphérique est formée respectivement entre les pieux battus (44) et les tubes de gainage (18) par des joints d'étanchéité au moins sur une partie de la longueur des tubes de gainage (18), la cavité (60) étant remplie, au moins pendant le battage, avec de l'air ou une mousse de matière synthétique ou des granulés.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les pieux battus (44) sont montés déjà à terre avant l'installation en mer de la structure de fondation offshore (10), en particulier à un site de fabrication de la structure de fondation offshore (10).

3. Procédé selon une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les pieux battus (44), en cas d'utilisation de marteaux batteurs, sont constitués de façon au moins partiellement creuse, et **en ce que** les marteaux batteurs (68) sont, pour l'enfoncement des pieux battus (44), placés respectivement sur une console de battage (64) située à l'intérieur et disposée dans l'espace intérieur des pieux battus (44).

4. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les marteaux batteurs ou vibreurs (68) sont pré-montés dans les pieux battus (44) avant la mise en place des tubes de gainage (18).

5. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les pieux battus (44) sont enfoncés avec les marteaux batteurs ou vibreurs (68) simultanément dans le fond marin (16) de telle sorte que les sons produits lors du battage des différents pieux battus (44) s'éliminent mutuellement au moins partiellement.

6. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tubes de gainage (18) sont, au moins pendant la durée du battage, munis respectivement d'un revêtement en matière synthétique entourant leur surface extérieure au moins sur une partie de leur longueur, en particulier des moitiés de coque, tiers de coque, quarts de coque en matière synthétique (72) disposés sur la surface extérieure des tubes de gainage (18).

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le revêtement en matière synthétique (72) est enlevé une fois le battage terminé.

8. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les granulés (76) sont enlevés une fois le battage terminé.

9. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cavité (60) est remplie de béton une fois le battage terminé.

10. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une éolienne (28) est installée sur la structure de fondation (10) une fois le battage terminé.

11. Structure de fondation offshore, qui présente au moins trois jambes d'appui (12) verticales, les jambes d'appui (12) présentant chacune un tube de gainage (18) dressé avec un pied d'appui (14) sur le fond marin (16) et un pieu battu (44) situé au moins partiellement dans le tube de gainage (18) et enfoncé dans le fond marin (16), les tubes de gainage (18) dépassant du niveau de la mer (46) dans l'état dressé sur le fond marin (16), **caractérisée en ce que** respectivement une cavité (60) périphérique est formée, par des joints d'étanchéité, entre les pieux battus (44) et les tubes de gainage (18) au moins sur une partie de la longueur des tubes de gainage (18), la cavité (60) étant remplie d'air ou d'une mousse de matière synthétique ou de granulés.

12. Structure de fondation selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** les pieux battus (44), en cas d'utilisation de marteaux batteurs, sont constitués au moins partiellement de façon creuse et possèdent, pour le battage avec des marteaux batteurs (68), une console de battage (64) située à l'intérieur et disposée dans l'espace intérieur des pieux battus (44). 5
13. Structure de fondation selon une des revendications 11 ou 12, **caractérisée en ce que** les tubes de gainage (18) sont munis respectivement d'un revêtement en matière synthétique (72) entourant leur surface extérieure au moins sur une partie de leur longueur, en particulier des moitiés de coque, tiers de coque, quarts de coque en matière synthétique (72) disposés sur la surface extérieure des tubes de gainage (18). 10 15
14. Structure de fondation selon une des revendications 11 à 13, **caractérisée en ce qu'**une éolienne (28) est installée sur la structure de fondation (10). 20

25

30

35

40

45

50

55

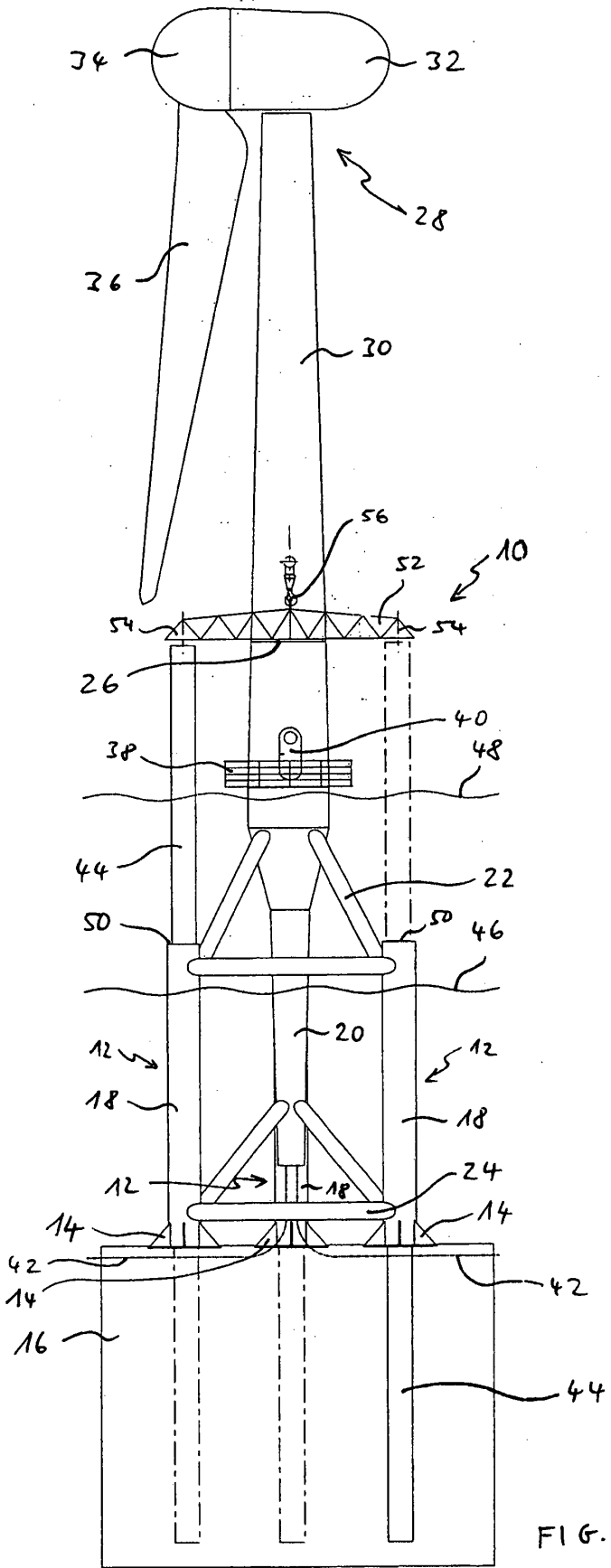


FIG. 1

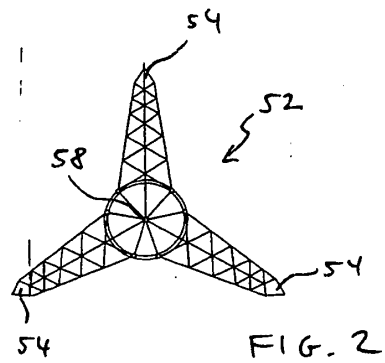


FIG. 2

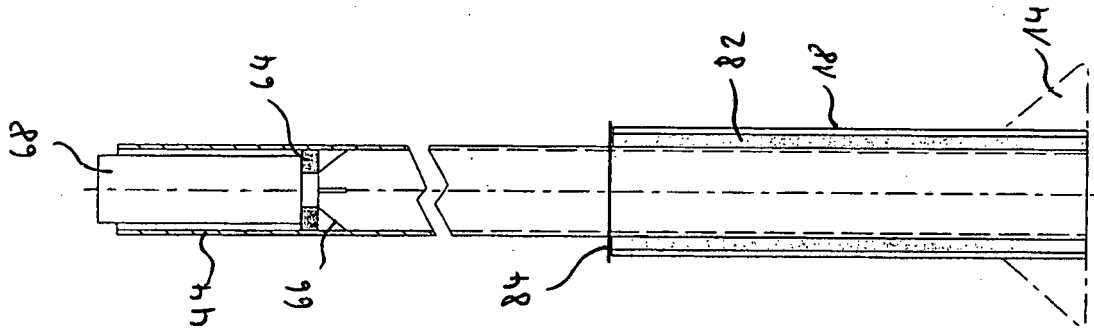


FIG. 6

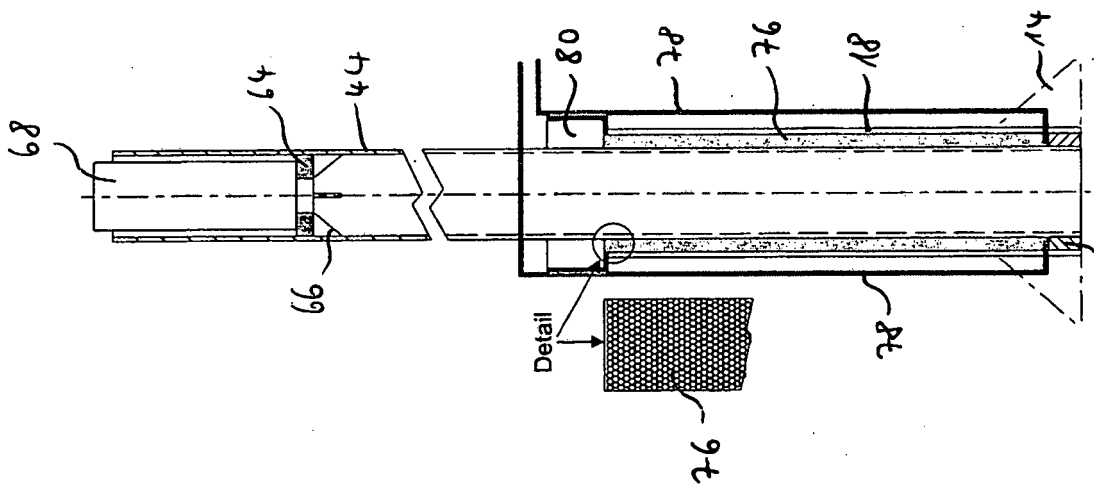


FIG. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2995900 A [0003]
- US 3348382 A [0003]
- US 2940265 A [0003]