

(19)



(11)

**EP 2 873 775 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**13.01.2016 Patentblatt 2016/02**

(51) Int Cl.:  
**E02D 27/42<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14192664.2**

(22) Anmeldetag: **11.11.2014**

(54) **Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks sowie Gründungspfahl zur Verwendung bei der Durchführung des Verfahrens**

Method for the construction of a foundation for an offshore structure and foundation pile for use in carrying out the process

Procédé de fondation d'une structure offshore et pieu de fondation destiné à l'utilisation pendant l'exécution du procédé

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

(30) Priorität: **18.11.2013 DE 102013019171**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.05.2015 Patentblatt 2015/21**

(73) Patentinhaber: **RWE Innogy GmbH  
45127 Essen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Bartminn, Daniel  
25335 Elmshorn (DE)**  
• **Herwig, Volker  
20255 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel  
Patentanwälte PartG mbB  
Sattlerweg 14  
51429 Bergisch Gladbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A1- 2 311 039**

**EP 2 873 775 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 Gründung eines Offshore-Bauwerks als Pfahlgründung, wobei das Verfahren das Einbringen wenigstens eines Stahlrohrprofils als Gründungspfahl über wenigstens eine Teillänge mit einer vorbestimmten Eindringtiefe in den Meeresuntergrund und das Befestigen wenigstens von Teilen des Offshore-Bauwerks an dem wenigstens einen Gründungspfahl umfasst, wobei entweder der wenigstens eine Gründungspfahl zuerst eingebracht und dann eine Gründungsstruktur auf dem Meeresuntergrund abgesetzt und an dem Gründungspfahl befestigt wird oder wenigstens Teile des Offshore-Bauwerks auf dem wenigstens einen Gründungspfahl abgesetzt werden oder der wenigstens eine Gründungspfahl durch Teile einer bereits auf dem Meeresuntergrund abgesetzten Gründungsstruktur in den Meeresuntergrund eingebracht wird.

**[0002]** Offshore-Strukturen für Öl- oder Gasexplorations- oder Förderplattformen oder für Offshore-Windgeneratoren bzw. -Windturbinen werden häufig als sogenannte Pfahlgründungen ausgeführt. Pfahlgründungen umfassen das Eintreiben von Pfählen (piles) in den Meeresuntergrund durch Einrammen und/oder Einvibrieren sowie das Verankern einer Gründungsstruktur an den Pfählen. Als Gründungsstruktur wird im Allgemeinen und im Sinne der vorliegenden Erfindung eine Unterwasserstruktur bezeichnet, auf welcher das eigentliche Offshore-Bauwerk in Form eines Turms für einen Windgenerator oder einer Plattform für Explorations- oder Fördereinrichtungen oder für Umspanneinrichtungen oder dergleichen errichtet wird. Zwischen dem Bauwerk und der eigentlichen Gründungsstruktur wird häufig ein sogenanntes Übergangsstück (transission piece) vorgesehen, mit welchem der Anschluss von der Gründungsstruktur an das Bauwerk hergestellt wird (wie z.B. aus der DE 2311039 A1 bekannt).

**[0003]** Als Gründungsstruktur im Allgemeinen und auch im Sinne der vorliegenden Anmeldung kommen beispielsweise Jackets, Tripods, Monopiles sowie Tripiles in Betracht. Bei Jackets handelt es sich in der Regel um vierbeinige fachwerkartige Stahlkonstruktionen. Die vier Füße dieser Stahlkonstruktion enden in Hülzen, diese nehmen die in den Meeresboden gerammten und/oder einvibrierten Gründungspfähle auf.

**[0004]** Tripods weisen ein zentrales Gründungsrohr zur Aufnahme einer Offshore-Windenergie-Anlage auf, dass mit einer dreibeinigen Gründungsstruktur aus Stahl verbunden ist. An jedem Ende des Dreibeins sind zur Aufnahme der in den Meeresboden vibriert und/oder gerammten Gründungspfähle wie bei Jackets Hülzen angebracht.

**[0005]** Monopile-Fundamente bestehen aus einem zentralen Fundamentrohr (pile), welches in den Meeresboden gerammt und/oder vibriert wird und auf welches ein pfahlartiges Anschlussbauteil unmittelbar aufgesetzt wird bzw. angeflanscht wird.

**[0006]** Schließlich sind als Gründungsstrukturen auch sogenannte Tripile-Fundament bekannt, die aus einzelnen Stahlrohren bestehen, denen an der Wasseroberfläche ein dreibeiniges Stützkreuz aufgesetzt wird, auf dem eine Windkraftanlage montiert wird. Die Stahlrohre haben die Funktion von Gründungspfählen, die in den Meeresuntergrund vibriert und/oder gerammt werden.

**[0007]** Bei Tripods und Jackets werden die Gründungspfähle entweder bei bereits aufgestellter Gründungsstruktur durch die Hülzen der Füße getrieben (post-piling) oder mit Hilfe einer Schablone zunächst in den Meeresuntergrund getrieben pre-piling), anschließend werden die Hülzen der Strahlkonstruktion des Fundaments auf die Gründungspfähle aufgesetzt.

**[0008]** Wie bereits vorstehend erwähnt, werden Pfahlgründungen üblicherweise überwiegend durch Rammen der Gründungspfähle in den Meeresuntergrund erstellt, wobei das Rammen mittels Pfahlhämmern erfolgt, die eine beachtliche Schallenergie in den Wasserkörper eintragen. Der Rammvorgang eines Gründungspfahls dauert in der Regel zwischen einer und mehreren Stunden, die damit einhergehende Geräuschbelastung, insbesondere für marine Säugetiere in der Nähe der Baustelle, ist erheblich. Bei Schweinswalen tritt beispielsweise ab einem Wert von 200 Dezibel (db) Schalldruckpegel eine Hörschwellenverschiebung auf, die zur Schädigung der lebenswichtigsten Sinnesorgane führen kann.

**[0009]** Daher wird bei der Errichtung von Pfahlgründungen zunehmend auf das Rammen verzichtet. Alternativ zum Rammen von Gründungspfählen können diese in den Meeresuntergrund einvibriert bzw. eingerüttelt werden.

**[0010]** Ein Nachteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, dass die eingerüttelten oder einvibrierten Gründungspfähle eine geringere laterale Belastbarkeit aufweisen, da beim Einvibrieren eine geringere Verdichtung des Meeresuntergrundes im Bereich der Pfahlspitze stattfindet als dies unter dem führenden Ende eines durch Impulsrammen eingetriebenen Gründungspfahles der Fall wäre.

**[0011]** Aus diesem Grund ist es vorherrschende Praxis, einvibrierte Gründungspfähle wenigstens über eine Teillänge auch zu rammen. Hierbei wird üblicherweise so vorgegangen, dass der Gründungspfahl etwa um den achtfachen Betrag seines Durchmessers zusätzlich eingerammt wird. Dies führt dazu, dass verhältnismäßig viel Zeit für die Errichtung von Pfahlgründungen benötigt wird. Darüber hinaus wird Ausrüstung sowohl zum Vibrieren als auch zum Rammen benötigt, so dass diese Praxis grundsätzlich nicht vorteilhaft ist.

**[0012]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, insbesondere ein Verfahren zur Pfahlgründung von Offshore-Bauwerken bereitzustellen, bei welchem das Impulsrammen der Gründungspfähle entbehrlich ist. Insbesondere soll die Pfahlgründung dabei die erforderliche Belastbarkeit aufweisen.

**[0013]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren

zur Gründung eines Offshore-Bauwerks mit Pfahlgründungen, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Einbringen wenigstens eines Stahlrohrprofils als wenigstens ein Gründungspfahl über wenigstens eine Teillänge mit einer vorbestimmten Eindringtiefe in den Meeresuntergrund und
- Befestigen wenigstens von Teilen des Offshore-Bauwerks an dem wenigstens einen Gründungspfahl, wobei entweder der wenigstens eine Gründungspfahl zuerst eingebracht wird und dann eine Gründungsstruktur auf dem Meeresuntergrund abgesetzt und an dem Gründungspfahl befestigt wird oder wenigstens Teile des Offshore-Bauwerks auf dem wenigstens einen Gründungspfahl abgesetzt werden oder der wenigstens eine Gründungspfahl durch Teile einer bereits auf dem Meeresuntergrund abgesetzten Gründungsstruktur eingebracht wird, wobei das Verfahren weiterhin nach dem Einbringen des wenigstens einen Gründungspfahls das Herstellen eines Pfahlschuhs an dem führenden Ende des wenigstens einen Gründungspfahls umfasst, wobei der Pfahlschuh sich axial über die vorbestimmte Eindringtiefe hinaus in den Meeresuntergrund erstreckt und/oder eine umfängliche Verbreiterung des Gründungspfahls bildet.

**[0014]** Das Verfahren gemäß der Erfindung ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass der Spitzendruck und ein Teil der Mantelreibung des in den Meeresuntergrund eingebrachten Stahlrohrprofils dadurch signifikant erhöht wird, dass die Einbringlänge bzw. die Einbettungslänge des Gründungspfahls durch einen nachträglich hergestellten Pfahlschuh erhöht wird. Hierdurch wird vorzugsweise ein Spitzendruck erzielt, der einem Spitzendruck etwa entspricht, wie sie beim Einrammen eines Gründungspfahls aufgrund der Verdichtung des Meeresuntergrundes entsteht. Der Pfahlschuh kann Bestandteil des in den Meeresuntergrund eingebrachten Gründungspfahls sein, dieser kann allerdings auch separat als Betonschuh hergestellt worden sein.

**[0015]** Durch diese Maßnahme kann die Tragfähigkeit des Gründungspfahls signifikant erhöht werden.

**[0016]** Unter einem Pfahlschuh im Sinne der Erfindung ist eine axiale Verlängerung und/oder umfängliche Vergrößerung des Stahlprofils des wenigstens einen Gründungspfahls zu verstehen.

**[0017]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Pfahlschuh durch Einbringen einer aushärtbaren

**[0018]** Vergussmasse hergestellt wird. Die Vergussmasse kann entweder in das Stahlprofil des Gründungspfahls eingebracht werden oder mittels entsprechender Injektionsleitungen am Umfang des Gründungspfahls im Bereich dessen im Meeresuntergrund führenden Endes in den Meeresuntergrund eingepresst oder injiziert werden.

**[0019]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Grün-

dungspfahl vor dem Einbringen der Vergussmasse, allerdings nach dessen Einvibrieren in den Untergrund, ausgebohrt oder ausgespült und /oder unterspült wird. Die sodann eingebrachte Vergussmasse bildet einen sich in axialer Richtung des Gründungspfahls ausdehnenden Pfahlschuh. Der Pfahlschuh kann einen größeren Durchmesser als der Außendurchmesser des Gründungspfahls aufweisen, so dass dieser am führenden Ende des Gründungspfahls sowohl eine Erhöhung der Einbettungslänge in axialer Richtung als auch einen quer dazu verbreiterten Pfahlfuß bildet.

**[0020]** Erfindungsgemäß ist demnach vorgesehen, dass der wenigstens eine Gründungspfahl über seine gesamte Einbettungslänge in den Meeresuntergrund einvibriert oder eingespült wird.

**[0021]** Alternativ hierzu kann vorgesehen sein, den Pfahlschuh als axial ausfahrbaren oder ausstellbaren Stahlrohrschuss oder als axial ausfahrbare Stahlrohrsektion vorzusehen, der oder die an dem in Einbringrichtung führenden Ende des wenigstens einen Gründungspfahls vorgesehen ist. In diesem Falle ist vorzugsweise der Pfahlschuh Bestandteil des Gründungspfahls bereits vor der Einbringung des wenigstens einen Gründungspfahls in den Meeresuntergrund.

**[0022]** Auch kann der Pfahlschuh als teleskopierbare Stahlrohrsektion ausgebildet sein.

**[0023]** Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung findet bei einer Variante ein Gründungspfahl Anwendung, der mit einem axial ausfahrbaren oder ausstellbaren expandierbaren Pfahlschuh versehen ist.

**[0024]** Zweckmäßigerweise wird der Pfahlschuh nach dem Einbringen über die vorgesehene Teillänge bzw. Einbettungslänge in den Meeresuntergrund hydraulisch ausgefahren und/oder expandiert.

**[0025]** Das der Erfindung zugrundeliegende Problem wird weiterhin gelöst durch einen Gründungspfahl zur Verwendung bei der Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens, wobei der Gründungspfahl als Stahlrohrprofil mit einem endseitig integrierten ausfahrbaren Pfahlschuh versehen ist, der in ausgefahrener Lage eine axiale Verlängerung des Stahlrohrprofils bildet.

**[0026]** Bei einer zweckmäßigen Variante des Gründungspfahls gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Pfahlschuh in ausgefahrener Lage arretierbar ist. Eine solche Arretierung ist allerdings nicht notwendigerweise erforderlich, da in der Regel die Mantelreibung des Pfahlschuhs in dem diesen umgebenden Meeresuntergrund hoch genug sein wird.

**[0027]** Zweckmäßigerweise ist der Pfahlschuh als inneres Rohrprofil ausgebildet, das von dem Stahlrohrprofil des Gründungspfahls zumindest teilweise umschlossen wird.

**[0028]** Zur Erhöhung der Mantelreibung des Pfahlschuhs kann dieser mit außen umlaufenden Rippen oder Wellen ausgebildet sein. Außen umlaufend bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Rippen oder Wellen sich quer zur Auszugsrichtung bzw. quer zur axialen Ausrichtung des Gründungspfahls erstrecken.

**[0029]** Der Pfahlschuh kann grundsätzlich als offenes Profil ausgebildet sein, so dass dieses beim Ausfahren einen Sedimentkern erzeugt. Alternativ kann der Pfahlschuh an seinem führenden Ende im Wesentlichen geschlossen sein.

**[0030]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

**[0031]** Es zeigen:

Figur 1: eine Teilansicht eines in den Meeresuntergrund eingebetteten Gründungspfahls gemäß einer ersten Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung und

Figur 2: eine entsprechende Teilansicht im Bereich der Einbettungslänge des Gründungspfahls in den Meeresuntergrund, der nach einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens eingebracht wurde.

**[0032]** Das Verfahren gemäß der Erfindung umfasst das Einbringen eines Gründungspfahls 1 in den Meeresuntergrund 2 zwecks Errichtung eines Offshore-Bauwerks, wobei der Gründungspfahl 1 zunächst über eine vorbestimmte Teillänge oder die Gesamtlänge, die auch als Einbettungslänge bezeichnet wird, in den Meeresuntergrund 2 eingespült oder einvibriert wird.

**[0033]** Grundsätzlich kann der Gründungspfahl 1 gemäß der Erfindung als Stahlrohrprofil mit einem runden Querschnitt ausgebildet sein, andere Querschnittsprofile sind im Rahmen der Erfindung denkbar und möglich.

**[0034]** Wie vorstehend bereits erwähnt, umfasst das Verfahren gemäß der Erfindung beispielsweise die Gründung eines Offshore-Bauwerks mit einer Unterwasserstruktur bzw. mit einer Gründungsstruktur, die mehrere Füße aufweist, wobei jeder der Füße mittels jeweils eines Gründungspfahls 1 am Meeresuntergrund 2 verankert wird. Der Gründungspfahl kann durch Hülsen der Füße hindurch in den Meeresuntergrund eingebracht werden (post-piling), alternativ können mehrere Gründungspfähle mittels einer Schablone (template) zunächst in den Meeresuntergrund 2 eingebracht werden, sodann wird die Gründungsstruktur eines Offshore-Bauwerks an den Gründungspfählen 1 verankert (pre-piling). Hierzu sind dann entsprechende Hülsen an den Beinen der Gründungsstruktur vorgesehen. Schließlich ist es im Rahmen der Erfindung möglich und vorgesehen, einen einzigen Gründungspfahl 1 in den Meeresuntergrund 2 einzubringen und an diesen unmittelbar ein Turmbauwerk (Monopile-Konstruktion) anzuflanschen.

**[0035]** Jedenfalls ist bei dem Verfahren gemäß der Erfindung vorgesehen, nach dem Einbringen wenigstens eines Gründungspfahls 1 über eine vorgegebene Einbettungslänge in den Meeresuntergrund 2 den Gründungspfahl 1 mit einem Pfahlschuh 3 zu versehen, der sich über die Einbettungslänge hinaus axial in den Meeresuntergrund 2 erstreckt.

**[0036]** Die Einbettungslänge ist in den Figuren mit L bezeichnet. Der Pfahlschuh 3 wird über die Einbettungslänge L hinaus hergestellt, diese bildet eine axiale Verlängerung L' des Gründungspfahls 1, die eine Erhöhung der Mantelreibung und des Spitzendrucks des Gesamtsystems (Gründungspfahl 1 und Pfahlschuh 3) bewirkt.

**[0037]** Bei der in Figur 1 dargestellten Variante des Verfahrens ist der Pfahlschuh 3 Bestandteil des Gründungspfahls 1 und wird mit diesem zusammen in den Meeresuntergrund 2 eingebracht. Bei Erreichen der Endteufe bzw. Einbettungslänge L wird der Pfahlschuh 3 in axialer Richtung aus dem Gründungspfahl 1 herausgefahren. Der Pfahlschuh 3 ist in diesem Fall als ausfahrbarer Rohrschuss oder ausfahrbare Rohrsektion ausgebildet, die einen führenden Schneidring 4 und einen mit einem Wellen- oder Rippenprofil versehenen Pfahlschuhkörper 5 aufweist. Nach Erreichen der Einbettungslänge des Gründungspfahls 1 wird der Pfahlschuh 3 beispielsweise hydraulisch aus dem diesen umschließenden Stahlrohrprofil des Gründungspfahls 1 ausgefahren und verbleibt im Meeresuntergrund 2 in der in Figur 1 dargestellten ausgestellten bzw. ausgefahrenen Lage.

**[0038]** Der Pfahlschuh 3 gemäß zweitem Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches in Figur 2 dargestellt ist, wurden nach Einbringen des Gründungspfahls 1 in den Meeresuntergrund 2 über die vorgesehene Einbettungslänge L durch die Injektion von Beton in den Meeresuntergrund erstellt. Hierzu kann beispielsweise der Gründungspfahl 1 in dem in Figur 2 unteren führenden Ende mit am Außenumfang und/oder am Innenumfang versehenen Injektionsleitungen und Injektionsdüsen versehen sein, über die ein unterer veraushärtbarer Beton nach Einvibrieren des Gründungspfahls 1 in den Meeresuntergrund 2 injiziert wird, derart, dass sich ein Pfahlschuh 3 aus Beton ausbildet, der eine Verlängerung L' des Gründungspfahls 1 über dessen Einbettungslänge L erzeugt.

**[0039]** Der Pfahlschuh 3 aus Beton kann auch durch vorheriges Ausbohren des Gründungspfahls 1 und Spülen und/oder durch Unterspülen des Gründungspfahls 1 und nachträgliches Einbringen einer aushärtbaren Vergussmasse wie beispielsweise Beton hergestellt werden. Anstelle von Beton kommen auch andere hydraulisch aushärtbare Vergussmassen in Betracht.

**[0040]** Bei der in Figur 2 dargestellten Variante des Gründungspfahls 1 mit einem Pfahlschuh 3 aus einer aushärtbaren Vergussmasse ist vorgesehen, dass der Pfahlschuh 3 auch umfänglich den Durchmesser des Gründungspfahls 1 überschreitet, so dass dieser einen im Meeresuntergrund 2 festsitzenden Pfropfen/Fuß bildet.

Bezugszeichenliste

**[0041]**

1 Gründungspfahl

- 2 Meeresuntergrund
- 3 Pfahlschuh
- 4 Schneidring
- 5 Pfahlschuhkörper
- L Einbettungslänge
- L' axiale Verlängerung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks als Pfahlgründung, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Einbringen wenigstens eines Stahlrohrprofils als wenigstens ein Gründungspfahl (1) über wenigstens eine Teillänge mit einer vorbestimmten Eindringtiefe (L) in den Meeresuntergrund (2) und
- Befestigen wenigstens von Teilen des Offshore-Bauwerks an dem wenigstens einen Gründungspfahl (1), wobei entweder der wenigstens eine Gründungspfahl (1) zuerst eingebracht wird und dann eine Gründungsstruktur auf dem Meeresuntergrund abgesetzt und an dem Gründungspfahl (1) befestigt wird oder wenigstens Teile des Offshore-Bauwerks auf dem wenigstens einen Gründungspfahl (1) abgesetzt werden oder der wenigstens eine Gründungspfahl (1) durch Teile einer bereits auf dem Meeresuntergrund abgesetzten Gründungsstruktur eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren weiterhin nach dem Einbringen des wenigstens einen Gründungspfahls (1) in den Meeresuntergrund (2) das Herstellen eines Pfahlschuhs (3) an dem führenden Ende des wenigstens einen Gründungspfahls (1) umfasst, wobei der Pfahlschuh (3) sich axial über die vorbestimmte Eindringtiefe hinaus in den Meeresuntergrund erstreckt und/oder der Pfahlschuh eine umfängliche Verbreiterung des Gründungspfahls (1) bildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlschuh (3) durch Einbringen einer aushärtbaren Vergussmasse hergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aushärtbare Vergussmasse im Bereich des führenden Endes des wenigstens einen Gründungspfahls (1) injiziert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aushärtbare Vergussmasse in den Gründungspfahl (1) eingebracht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine

Gründungspfahl (1) vor und/oder während des Einbringens der Vergussmasse ausgebohrt und/oder unterspült wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Gründungspfahl (1) über seine gesamte Einbettungslänge (L) in den Meeresuntergrund einvibriert oder eingespült wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als der wenigstens eine Gründungspfahl (1) ein Gründungspfahl mit einem teleskopierbaren oder expandierbaren Pfahlschuh (3) Anwendung findet.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlschuh (3) nach dem Einbringen über die vorgesehene Teillänge in den Meeresuntergrund (2) hydraulisch teleskopiert und/oder expandiert wird.
9. Gründungspfahl (1) zur Verwendung bei der Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Stahlrohrprofil mit wenigstens einem endseitig integrierten ausfahrbaren Pfahlschuh (3), der in ausgefahrener Lage eine axiale Verlängerung des Stahlrohrprofils bildet.
10. Gründungspfahl (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlschuh (3) in ausgefahrener Lage arretierbar ist.
11. Gründungspfahl (1) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlschuh (3) als inneres Rohrprofil ausgebildet ist, das von dem Stahlrohrprofil des Gründungspfahls (1) zumindest teilweise umschlossen wird.
12. Gründungspfahl (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pfahlschuh (3) mit außen umlaufenden Rippen oder Wellen ausgebildet ist.
13. Gründungspfahl (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **gekennzeichnet durch** Mittel zum hydraulischen Ausfahren des Pfahlschuhs (3).

#### Claims

1. Method for constructing the foundation of an offshore structure as a pile foundation, wherein the method comprises the following steps:
- introducing at least one steel tube profile, constituting at least one foundation pile (1), over at least a partial length with a predetermined pen-

- etration depth (L) into the seabed (2) and - fastening at least parts of the offshore structure to the at least one foundation pile (1), wherein either the at least one foundation pile (1) is introduced first and then a foundation structure is deposited on the seabed and fastened to the foundation pile (1) or at least parts of the offshore structure are deposited on the at least one foundation pile (1) or the at least one foundation pile (1) is introduced through parts of a foundation structure already deposited on the seabed, **characterized in that** the method further comprises, after introducing the at least one foundation pile (1) into the seabed (2), the production of a pile shoe (3) on the leading end of the at least one foundation pile (1), wherein the pile shoe (3) extends axially beyond the predetermined penetration depth into the seabed and/or the pile shoe forms a circumferential widening of the foundation pile (1).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the pile shoe (3) is produced by introducing a curable casting compound.
  3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the curable casting compound is injected in the region of the leading end of the at least one foundation pile (1).
  4. Method according to Claim 2, **characterized in that** the curable casting compound is introduced into the foundation pile (1).
  5. Method according to either of Claims 3 and 4, **characterized in that** a boring-out and/or underflushing operation is carried out on the at least one foundation pile (1) before and/or during the introduction of the casting compound.
  6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the at least one foundation pile (1) is vibrated or water-jet-driven into the seabed over its entire embedding length (L).
  7. Method according to Claim 1, **characterized in that** the at least one foundation pile (1) used is a foundation pile having a telescopic or expandable pile shoe (3).
  8. Method according to Claim 7, **characterized in that**, after introduction over the intended partial length, the pile shoe (3) is hydraulically telescoped and/or expanded into the seabed (2).
  9. Foundation pile (1) for use in carrying out the method according to one of Claims 1 to 8 as a steel tube profile with at least one extendable pile shoe (3)

which is integrated at the end and which forms an axial lengthening of the steel tube profile in the extended position.

10. Foundation pile (1) according to Claim 9, **characterized in that** the pile shoe (3) can be locked in the extended position.
11. Foundation pile (1) according to either of Claims 9 and 10, **characterized in that** the pile shoe (3) is formed as an inner tube profile which is at least partially enclosed by the steel tube profile of the foundation pile (1).
12. Foundation pile (1) according to one of Claims 9 to 11, **characterized in that** the pile shoe (3) is formed with externally encircling ribs or corrugations.
13. Foundation pile (1) according to one of Claims 9 to 12, **characterized by** means for hydraulically extending the pile shoe (3).

#### Revendications

1. Procédé de fondation d'une structure offshore en tant que fondation au moyen de pieux, le procédé comprenant les étapes suivantes :
  - enfoncement d'au moins un profilé en acier tubulaire en tant qu'au moins un pieu de fondation (1) sur au moins une longueur partielle avec une profondeur d'enfoncement prédéterminée (L) dans le sous-sol marin (2) et
  - fixation d'au moins certaines parties de la structure offshore à l'au moins un pieu de fondation (1), soit l'au moins un pieu de fondation (1) étant d'abord enfoncé et ensuite une structure de fondation étant déposée sur le sous-sol marin et étant fixée au pieu de fondation (1), soit au moins certaines parties de la structure offshore étant déposées sur l'au moins un pieu de fondation (1) ou l'au moins un pieu de fondation (1) étant enfoncé à travers des parties d'une structure de fondation déjà déposée sur le sous-sol marin,**caractérisé en ce que** le procédé comprend en outre, après l'enfoncement de l'au moins un pieu de fondation (1) dans le sous-sol marin (2), la fabrication d'une semelle de pieu (3) à l'extrémité de guidage de l'au moins un pieu de fondation (1), la semelle de pieu (3) s'étendant axialement au-delà de la profondeur d'enfoncement prédéterminée dans le sous-sol marin et/ou la semelle de pieu formant un élargissement périphérique du pieu de fondation (1).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce**

**que** la semelle de pieu (3) est fabriquée par enfoncement d'une masse de scellement durcissable.

revendications 9 à 12, **caractérisé par** des moyens pour faire sortir hydrauliquement la semelle de pieu (3).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la masse de scellement durcissable est injectée dans la région de l'extrémité de guidage de l'au moins un pieu de fondation (1). 5
4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la masse de scellement durcissable est enfoncée dans le pieu de fondation (1). 10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce que** l'au moins un pieu de fondation (1) est alésé et/ou affouillé avant et/ou pendant l'enfoncement de la masse de scellement. 15
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'au moins un pieu de fondation (1) est enfoncé par vibration ou par injection dans le sous-sol marin sur toute sa longueur d'intégration (L). 20
7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise en tant que au moins un pieu de fondation (1), un pieu de fondation ayant une semelle de pieu (3) télescopable ou déployable. 25
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la semelle de pieu (3), après l'enfoncement, est télescopée et/ou déployée hydrauliquement sur la longueur partielle prévue dans le sous-sol marin (2). 30
9. Pieu de fondation (1) pour l'utilisation lors de à mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, en tant que profilé en acier tubulaire comprenant au moins une semelle de pieu (3) intégrée et pouvant être sortie du côté de l'extrémité, qui forme, dans la position sortie, un prolongement axial du profilé en acier tubulaire. 35  
40
10. Pieu de fondation (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la semelle de pieu (3) peut être bloquée dans la position sortie. 45
11. Pieu de fondation (1) selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** la semelle de pieu (3) est réalisée sous forme de profilé tubulaire interne qui est entouré au moins en partie par le profilé en acier tubulaire du pieu de fondation (1). 50
12. Pieu de fondation (1) selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** la semelle de pieu (3) est réalisée avec des nervures ou des ondulations périphériques extérieures. 55
13. Pieu de fondation (1) selon l'une quelconque des

Fig. 1

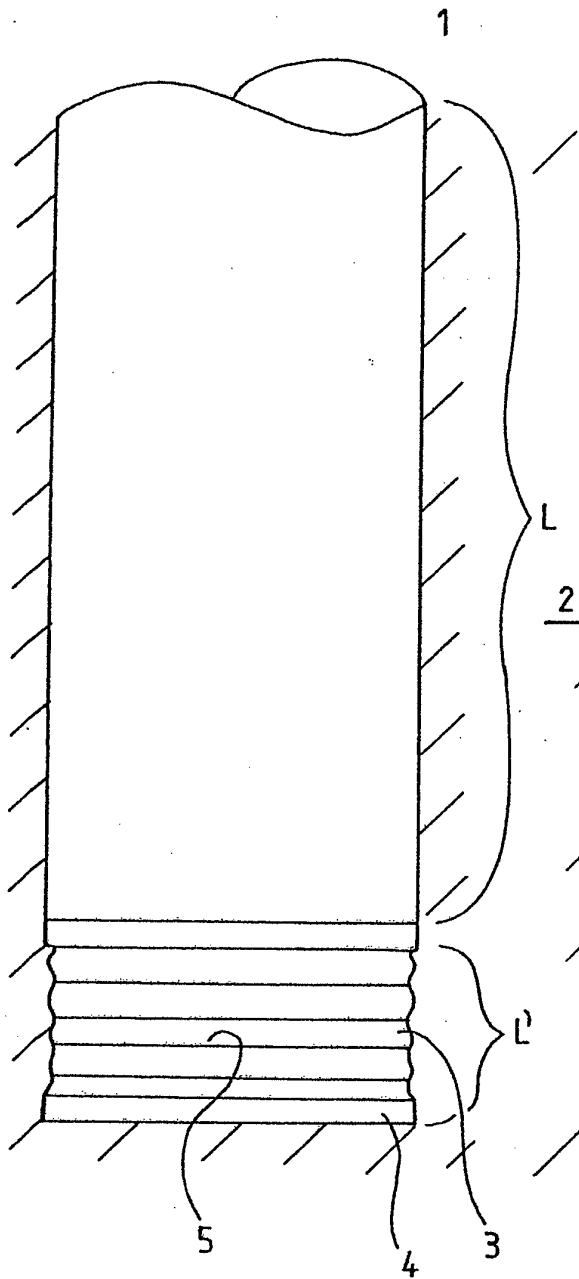
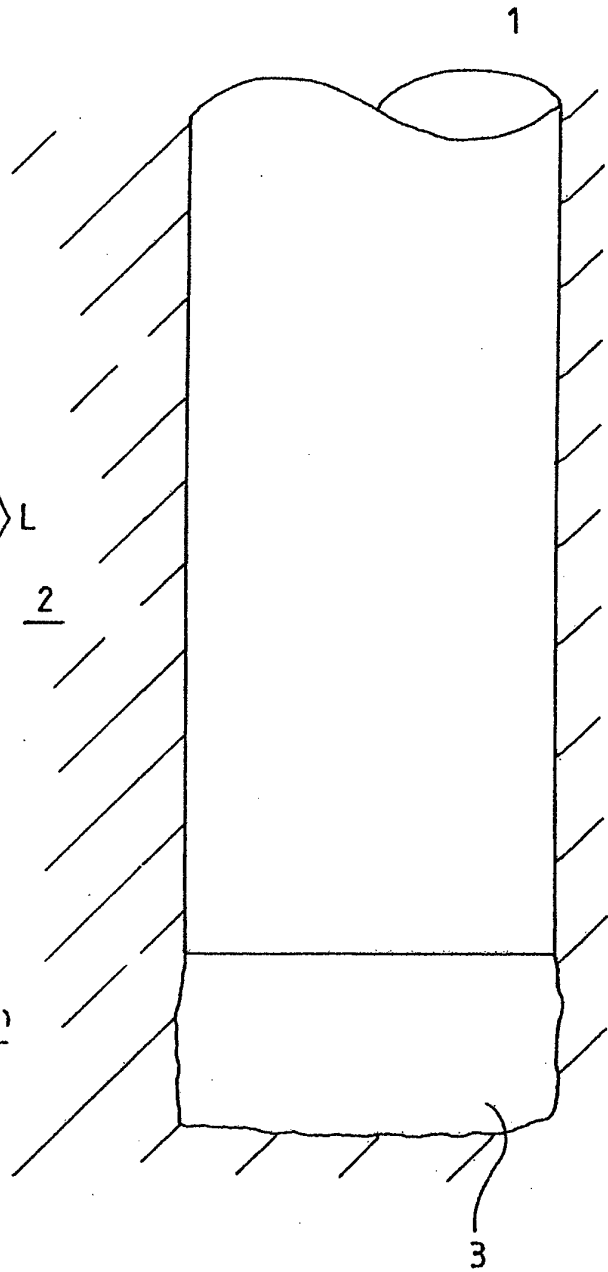


Fig. 2



**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**

- DE 2311039 A1 [0002]